



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.







600020125G

G. 127. H. 24



E. BIBL. RADCL.

*Top path*  
19. v. 23<sup>a</sup>

1666 p. 101













**GRUNDZÜGE**  
**DER**  
**PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN.**



**GRUNDZÜGE**  
**DER**  
**PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN**  
**MIT**  
**RÜCKSICHT AUF DIE GESUNDHEITSPFLEGE.**

---

**FÜR DAS PRAKTISCHE BEDÜRFNIS DER ÄRZTE UND STUDIRENDEN  
ZUM SELBSTSTUDIUM BEARBEITET**

**VON**  
**JOHANNES RANKE,**  
DR. MED. UND PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN.

---

**ZWEITE UMGEARBEITETE AUFLAGE**

**MIT 270 HOLZSCHNITTEN.**

---

**LEIPZIG,**  
**VERLAG VON WILHELM ENGELMANN**  
**1872.**





*Das Recht der englischen und französischen Uebersetzung behält sich der Verfasser  
und der Verleger vor.*

Druck von Breitkopf und Hartel in Leipzig.

## Vorrede zur zweiten Auflage.

Der Gesichtspunkt, welcher bei der Ausarbeitung der ersten Auflage leitete, war der, dem ärztlichen Publikum die Hauptlehren der Physiologie in leicht verständlicher Form und mit Rücksicht auf die praktische Verwerthung darzubieten. Daher schien es nothwendig, von der Darstellung der rein physiologischen Lehren aus sogleich auf die Anwendung derselben für ärztliche Zwecke vor allem für eine physiologische Gesundheitspflege überzugehen. Ebenso erschien es erforderlich, die Beschreibung der physiologischen Technik, soweit sie für den Arzt eine hervorragendere Bedeutung besitzt, so vollständig zu machen, dass eine Ausführung der betreffenden chemischen und physikalischen Versuche nach der gegebenen Anleitung möglich erschien. Mit einem Wort: das Buch sollte ein zum Selbststudium geeignetes **Handbuch** der Physiologie und physiologischen Technik für den Arzt sein. Daraus ergab sich weiter, dass die ärztlich minder verwerthbaren Kapitel, oder diejenigen, welche sich wie die Ophthalmologie und Embryologie für das ärztliche Bedürfniss als eigene Disciplinen von der Physiologie abgesondert haben, hier entweder übergangen oder wenigstens nur ganz in der Kürze abgehandelt waren. Es wurde dadurch eine, natürlich sehr in die Augen springende Ungleichheit in der Darstellung der verschiedenen physiologischen Ergebnisse bedingt.

Die freundliche Aufnahme, welche das Buch von ärztlicher Seite gefunden hat, darf vielleicht als Beweis dafür gelten, dass die Aufgabe im Allgemeinen nicht unrichtig gestellt war; sie ist der Grund dafür, dass in der neuen Auflage der alte Grundplan beibehalten und im Einzelnen sogar noch mehr und direkter auf die ärztliche Verwerthung der vorgetragenen Lehren hingewiesen wurde.

Da sich aber das Buch auch Eingang auf Universitäten verschafft hat, so schien für eine neue Auflage, abgesehen von einer sorgfältigen Berichtigung und Durcharbeitung, eine grössere Gleichartigkeit in der Darstellung der einzelnen

Kapitel und ein Eingehen auf die bisher ausgeschlossenen Disciplinen **Entwickelungsgeschichte** und vergleichende Anatomie wünschenswerth. Es **konnte** das nur mit einer nicht unbeträchtlichen Vermehrung des Textes erreicht werden, die aber wenigstens zum grossen Theil durch reichlichere Anwendung kleinerer Lettern ausgeglichen werden konnte. Es wird durch den verschiedenen Druck, wie mir scheint, die Uebersicht über die verschiedenen Richtungen der Darstellung erleichtert.

Für die reiche und **gelungene Ausstattung an Abbildungen** aus den Schätzen ihres Verlags, sowie in Beziehung auf Druck und Papier spreche ich der rühmlichst bekannten Verlagshandlung meinen Dank aus.

Und so möge sich das Werk in seiner neuen Gestalt die alten Freunde erhalten und neue erwerben.

München im Mai 1872.

**Johannes Ranke.**



# I.

## Allgemeine Inhalts-Anzeige.

### Allgemeine Physiologie.

#### Die Physiologie der animalen Zelle.

	Seite.
<b>1. Kapitel: Von der Gestalt der Zelle, ihrer Entstehung und Umbildung.</b>	
Schema der Zelle . . . . .	3
Umbildung der Zellenlehre . . . . .	6
Die Eizelle . . . . .	8
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	9
Entstehung der Zelle . . . . .	11
Zur vergleichenden Physiologie . . . . .	15
Umbildung der Zellformen . . . . .	16
Entstehung der Gewebe . . . . .	21
Gewebe der Bindesubstanz . . . . .	23
Entwicklungsgeschichte desselben . . . . .	27
Vergleichende Anatomie . . . . .	28
Vegetative Gewebe:	
Blut und Oberhautgewebe . . . . .	28
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	30
Drüsengewebe . . . . .	30
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	32
Animale Gewebe:	
Muskeln . . . . .	33
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	34
Nervengewebe . . . . .	35
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	37
Entstehung der Organe . . . . .	38
<b>2. Kapitel: Die Chemie der Zellen.</b>	
Elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe . . . . .	48
Chemismus der Pflanzen- und Thierzelle . . . . .	50
Die Pflanzenzelle . . . . .	53
Die Thierzelle . . . . .	58
Bestandtheile des Thierkörpers . . . . .	60
Albuminate . . . . .	60
Produkte der Albuminsynthese . . . . .	63
Produkte der regressiven Metamorphose des Albumins . . . . .	64
Albuminoide . . . . .	64
Organische stickstofffreie Säuren . . . . .	67
Alkohole . . . . .	67
Aetherarten . . . . .	69
Ammoniakderivate und ihre Verbindungen . . . . .	69. 73
Die thierischen Farbstoffe . . . . .	74

	Seite.
Die chemischen Vorgänge zeigen in jeder Zelle eigenthümliche Verschiedenheiten . . . . .	76
Funktionen der anorganischen Zellenstoffe . . . . .	78
Mikrochemie und chemische Lebensthätigkeiten der Zellen und des Eies . . . . .	80
Eier der Fische und Amphibien . . . . .	84

### 3. Kapitel: Die Physik der Zelle.

Vom Gesetz der Erhaltung der Kraft . . . . .	86
Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetz der Erhaltung der Kraft . . . . .	93
Die Leistungen des thierischen Organismus beruhen auf Stoffwechsel . . . . .	100
Mechanische Arbeitsleistung durch Kontraktilität der Zellen, Flimmerzellen . . . . .	103
Bedingungen der Kontraktilität des Protoplastmas . . . . .	106
Flimmerzellen . . . . .	107
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	109
Molekularstruktur organisirter Gebilde . . . . .	110
Hydrodiffusion, Lösung, Endosmose . . . . .	113
Gasdiffusion und Absorption im Organismus . . . . .	123
Wechselwirkung der Kräfte im Organismus . . . . .	126
Der Tod der Zelle . . . . .	130
Schlussbetrachtung . . . . .	132

## Specielle Physiologie.

### I. Die Physiologie des Stoffwechsels.

#### I. Die Ernährung.

### 4. Kapitel: Die Nahrungsmittel.

Begriff des Nahrungsmittels . . . . .	137
Das Wasser . . . . .	137
Hygienische Bemerkungen . . . . .	139
Chemische Methoden . . . . .	144
Die Milch und Milchdrüse . . . . .	144
Hygienische Bemerkungen . . . . .	150
Freiwillige Milchveränderungen . . . . .	151
Milchverfälschung, Milchanalysen . . . . .	151
Künstliche Milchveränderungen zu Nahrungsmitteln . . . . .	152
Entwicklung der Milchdrüse . . . . .	153
Zur vergleichenden Anatomie der Milchdrüse . . . . .	154
Das Fleisch . . . . .	154
Hygienische Betrachtungen . . . . .	157
Fleischpräparate . . . . .	159
Zur Untersuchung des Fleisches . . . . .	164
Getreide und andere vegetabilische Nahrungsmittel . . . . .	165
Mehl . . . . .	165
Hygienische Betrachtungen . . . . .	167
Brod . . . . .	167
Freiwillige Veränderungen und Untersuchung. Kochgeschirre . . . . .	170
Die Genussmittel . . . . .	173
Verfälschungen . . . . .	178

### 5. Kapitel: Die Gesetze der Ernährung.

Was ist nahrhaft? . . . . .	179
Zur Entwicklung der Ernährungslehre . . . . .	183
Bedingungen der Zersetzung im Körper . . . . .	191
Fleischnahrung . . . . .	194
Hungerzustand . . . . .	198
Fettnahrung . . . . .	201
Ernährung mit Zucker, Stärke, Leim . . . . .	202

	Seite.
Einfluss anorganischer Stoffe auf die Ernährung . . . . .	204
Nahrungsmenge . . . . .	206
Verschiedene Ernährungsweisen . . . . .	208
Volksernährung . . . . .	210
Ernährung der Truppen . . . . .	211
Ernährung in Anstalten und Familien . . . . .	215
Gefangenenanstalten . . . . .	215
Fettleibigkeit und Magerkeit . . . . .	217
Krankenkost . . . . .	218
Ernährungsart als Krankheitsursache . . . . .	219
Lebensalter und Ernährung . . . . .	220
Nahrung niederer Thiere . . . . .	220
Untersuchungsmethode . . . . .	220

### 2. Kapitel: Veränderungen der Nahrungstoffe in der Mundhöhle.

Verdauung im Allgemeinen . . . . .	223
Uebersicht über den Bau der Verdauungsorgane . . . . .	224
Anatomie der Mundhöhlenschleimhaut und ihrer Drüsen . . . . .	225
Absonderung der Speicheldrüsen . . . . .	229
Reizung der Speicheldrüsenerven . . . . .	232
Bestandtheile des Speichels und seine Menge . . . . .	234
Physiologische Wirkungen des Speichels . . . . .	236
Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre 1) . . . . .	237
Zur Entwicklungsgeschichte der Drüsen der Mundhöhle . . . . .	239
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	239

### 3. Kapitel: Der Verdauungsvorgang im Magen.

Schlund und Speiseröhre . . . . .	242
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	242
Der Magen, die Magenschleimhaut . . . . .	243
Nerveneinfluss auf die Magensekretion . . . . .	246
Das Sekret des Magens . . . . .	246
Physiologische Wirkung des Pepsins . . . . .	248
Entstehung der Säure des Magensaftes . . . . .	250
Ueber Selbstverdauung des Magens . . . . .	254
Hilfsvorgänge der Magenverdauung. Chymus . . . . .	254
Magengase . . . . .	253
Hygienische Betrachtungen. Verdaulichkeit . . . . .	253
Zur Entwicklungsgeschichte der Magen- und Darmschleimhaut . . . . .	255
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie der Magenverdauung . . . . .	255
Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre 2) . . . . .	257
Zur ärztlichen Untersuchung der Magenkontenta . . . . .	260

### 3. Kapitel: Verdauungsvorgänge im Darm.

Der Dünndarm ist das Hauptverdauungsorgan . . . . .	262
Darmschleimhaut und Darmsaft . . . . .	262
Historisches über Darmsaft . . . . .	266
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	267
Pankreas . . . . .	268
Bauchspeichel . . . . .	269
Wirkung des Bauchspeichels . . . . .	270
Historische Bemerkungen . . . . .	273
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	273
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	273
Zur ärztlichen Untersuchung . . . . .	273
Die Leber . . . . .	274
Chemische Bestandtheile der Leberzellen . . . . .	277
Die Galle . . . . .	279
Die Gallenabsonderung . . . . .	281
Die Gallenbildung . . . . .	282
Einfluss der Nahrung auf die Leberthätigkeit . . . . .	284

	Seite.
Der Nutzen der Galle für die Verdauung . . . . .	288
Historische Bemerkungen . . . . .	290
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	291
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	292
Zur ärztlichen Untersuchung . . . . .	294
Verdauung im Dickdarm . . . . .	296
Der Koth . . . . .	297
Ärztliche Untersuchung des Kothes . . . . .	298
Die Salze des Kothes . . . . .	300
Die Gase des Darms . . . . .	301
Desinfektion der Darmentleerungen . . . . .	302

## 9. Kapitel: Die Mechanik der Verdauung. Chylus und Lymphe.

### 1. Bewegung der Nahrungsstoffe im Nahrungsschlauch.

Allgemeine Uebersicht . . . . .	308
Mechanik der Mundverdauung . . . . .	307
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	309
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	309
Die Zähne . . . . .	310
Zur Entwicklungsgeschichte der Zähne . . . . .	312
Zur ärztlichen Untersuchung . . . . .	313
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	313
Die Bewegung des Kiefers und Schluckakt . . . . .	314
Zur vergleichenden Physiologie und Anatomie . . . . .	316
Nervöse Einflüsse auf Kauen und Schlucken . . . . .	316
Die Magenbewegungen . . . . .	317
Zur vergleichenden Anatomie des Magen- und Darmkanals . . . . .	320
Die Dünndarmbewegungen . . . . .	324
Die chemische Ursache der Darmbewegungen . . . . .	323
Zur Entwicklungsgeschichte des Darms . . . . .	324
Das Rektum . . . . .	324

### 2. Resorption der Nahrungsstoffe in's Blut

Endosmose und Filtration im Darm . . . . .	325
Bau der Darmzotten . . . . .	327
Der Mechanismus der Aufsaugung durch die Zotten . . . . .	329
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	330
Fettresorption . . . . .	330
Betheiligung der Blutkapillaren an der Resorption . . . . .	331
Ärztliche Bemerkungen. Resorption im Dickdarm . . . . .	333

### 3. Die Lymphe und der Chylus.

Bau der Chylus- und Lymphgefäße . . . . .	333
Bau der Lymphdrüsen . . . . .	335
Zusammensetzung des Chylus und der Lymphe . . . . .	337
Ärztliche Bemerkungen . . . . .	339
Die Menge der Lymphe . . . . .	339
Lymphgefäßnetze . . . . .	339
Zur historischen Entwicklung der Lehre von der Lymphe und der Lymphaufsaugung . . . . .	340
Endosmose . . . . .	341
Bewegung der Lymphe in den Lymphgefäßen . . . . .	341
Ärztliche Bemerkungen . . . . .	342
Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie . . . . .	342
Anhang. Nahrungsbedürfniss . . . . .	343

## II. Das Blut.

### 10. Kapitel: Das Blut und die Blutdrüsen.

Allgemeine Funktionen des Blutes . . . . .	346
Physikalische Analyse des Blutes . . . . .	347
Historische Bemerkungen . . . . .	349
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	350
Zur Technik der Blutanalyse. Blutkörperchenzählung . . . . .	351

	Seite.
Chemische Blutbestandtheile . . . . .	354
Zur vergleichenden Physiologie des Blutes . . . . .	355
Gase des Blutes . . . . .	356
Das optische Verhalten des Hämoglobins . . . . .	359
Zur Untersuchungsmethode . . . . .	362
Arteriellcs und venöses Blut . . . . .	363
Verschiedene Einflüsse auf seine Zusammensetzung . . . . .	364
Die Stoffvorgänge im lebenden Blut . . . . .	365
Die Entstehung der rothen Blutkörperchen . . . . .	367
Die Blutdrüsen, die Bildungsstätten der rothen Blutkörperchen . . . . .	369
Die Milz . . . . .	369
Die chemische Zusammensetzung des Milzgewebes . . . . .	372
Milzblut . . . . .	373
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	373
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	373
Die Schilddrüse . . . . .	374
Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie . . . . .	374
Die Thymus . . . . .	374
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	375
Das Knochenmark . . . . .	375
Diapedesis . . . . .	376
Betheiligung der Leber an der Bildung der rothen Blutkörperchen . . . . .	377
Die Gesamtblutmenge . . . . .	377
Die Blutvertheilung . . . . .	379
Aerztliche und hygienische Bemerkungen . . . . .	384
Die Blutmengenbestimmung und Transfusion . . . . .	382
Verhalten des Blutes gegen giftige Gasarten . . . . .	384
Nachweis des Blutes, Blutuntersuchung . . . . .	386
Blut in Krankheiten . . . . .	388

## 11. Kapitel: Die Blutbewegung.

### 4. Das Herz.

Allgemeine Beschreibung der Bluthahn . . . . .	389
Entdeckung des Kreislaufs . . . . .	394
Physiologische Anatomie des Herzens . . . . .	394
Chemie des Herzfleisches . . . . .	395
Die Bewegungen des Herzens . . . . .	395
Form- und Lageveränderung des Herzens bei der Kontraktion . . . . .	397
Untersuchungsmethoden . . . . .	398
Herzklappen und ihr Schluss . . . . .	398
Herztöne . . . . .	399
Aerztliche Bemerkungen . . . . .	400
Die nervösen Bewegungscentren im Herzen . . . . .	404
Die Herznerven . . . . .	402
Zur Anatomie der Herzganglien und Nerven . . . . .	405
Zur Entwicklungsgeschichte des Herzens . . . . .	405
Zur vergleichenden Anatomie des Herzens und der Blutgefäße . . . . .	407

## 12. Kapitel: Die Blutbewegung.

### 2. Die Blutgefäße.

Nerveneinfluss auf die Weite der Blutgefäße . . . . .	411
Aerztliche Bemerkungen . . . . .	412
Der anatomisch-physiologische Bau der Blutgefäße . . . . .	413
Der Blutkreislauf unter dem Mikroskope . . . . .	417
Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren . . . . .	418
Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren . . . . .	423
Weber's Kreislaufschema . . . . .	424
Die Blutbewegung . . . . .	425
Blutentziehung . . . . .	427
Herzarbeit . . . . .	428
Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Gefäßen . . . . .	429
Methoden zur Bestimmung der Blutgeschwindigkeit . . . . .	430

	Seite.
Die Kreislaufzeit . . . . .	421
Der Puls . . . . .	422
Apparate zur Pulsmessung . . . . .	423
Eigenschaften des Pulses für die ärztliche Beobachtung . . . . .	425
Pulsfrequenz, Kreislaufzeit und Blutmenge . . . . .	426
Accessorische Einwirkungen auf die Blutbewegung, namentlich in den Venen . . . . .	428
Lymphbewegung . . . . .	439
Entwicklungsgeschichte des Gefäßsystems . . . . .	440

### III. Ausscheidungen aus dem Blute.

#### 13. Kapitel: Die Athmung.

##### 1. Lunge und Athembewegungen.

Begriff der Athmung . . . . .	443
Der Bau der Lunge . . . . .	443
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	447
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	449
Chemische Zusammensetzung des Lungengewebes . . . . .	450
Die Athembewegungen . . . . .	450
Messapparate der Athembewegung . . . . .	456
Athmergeräusche . . . . .	456
Luftdruck im Thorax . . . . .	456
Gaserneuerung in den Lungen . . . . .	457
Die Frequenz der Athemzüge und der Nerveneinfluss auf die Athmung . . . . .	457
Ärztliche Bemerkungen. Künstliche Respiration . . . . .	460
Bewegungen der Lungen . . . . .	462
Betheiligung der luftleitenden Organe . . . . .	462
Zur ärztlichen Untersuchung. Auswurf . . . . .	462

#### 14. Kapitel: Die Athmung.

##### 2. Die Chemie des Gaswechsels.

Theorie der Athmung . . . . .	464
Historische Bemerkungen . . . . .	466
Quantitative Verhältnisse der Kohlensäureabgabe . . . . .	468
Quantitative Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme und weitere Luftveränderungen bei der Athmung . . . . .	472
Die Hautathmung und Darmathmung . . . . .	473
Gewebsathmung, innere Athmung . . . . .	475
Einfluss des Luftdrucks auf die Athmung und das Allgemeinbefinden . . . . .	477
Verminderter Luftdruck . . . . .	477
Gesteigerter Luftdruck . . . . .	478
Ventilation . . . . .	480
Methode der Kohlensäurebestimmung in der Luft . . . . .	489
Apparate zur Bestimmung der Respirationsausscheidung . . . . .	493

#### 15. Kapitel: Die Nieren und der Harn.

Der Harn . . . . .	495
Die Nieren und Harnwege . . . . .	496
Ueber den Bau der harnleitenden Organe . . . . .	501
Zur Entwicklungsgeschichte der Harnorgane . . . . .	502
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	503
Chemisch-physiologische Vorgänge in der Niere . . . . .	504
Die physikalischen Bedingungen der Harnausscheidung . . . . .	506
Die Chemie des Harns . . . . .	509
Organische Harnbestandtheile . . . . .	509
Anorganische Harnbestandtheile . . . . .	511
Historische Bemerkungen . . . . .	516
Harnanalyse und ihr Werth für den Arzt . . . . .	517
Harnsedimente, ihre Entstehung und Untersuchung . . . . .	535
Schema zur Mikroskopie der Sedimente . . . . .	537

	Seite.
Schema zur Untersuchung der Harnsteine . . . . .	540
Zufällige Harnbestandtheile . . . . .	542
Systematischer Gang der Harnuntersuchung für ärztliche Zwecke . . . . .	543
<b>5. Kapitel: Haut und Schweissbildung. Hauttalg.</b>	
Die Haut als Sekretionsorgan . . . . .	544
Schweiss und Schweissabsonderung . . . . .	550
Hautthätigkeit bei krankhaften Zuständen . . . . .	552
Die Unterdrückung der Hautthätigkeit . . . . .	553
Resorption durch die Haut . . . . .	555
Die physiologische Hautpflege . . . . .	555

## Specielle Physiologie.

### II. Die Physiologie der Arbeitsleistung.

#### I. Thierische Wärme.

<b>7. Kapitel: Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.</b>	
Wirkung abnorm niedriger und hoher Temperaturen auf den thierischen Organismus . . . . .	559
Die Körpertemperatur . . . . .	561
Die Wärmeregulirung des Organismus . . . . .	565
Die Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch . . . . .	570
Historische Bemerkungen . . . . .	572
Temperaturbeobachtungen für ärztliche Zwecke . . . . .	573
Die Funktionen der Kleider . . . . .	576
Die Heizung . . . . .	579
Die Beleuchtung . . . . .	580

#### II. Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.

#### 8. Kapitel: Das Skelet und seine Bewegungen.

Die Maschine des menschlichen Körpers . . . . .	581
Mikroskopischer Bau der Skeletbestandtheile . . . . .	583
Entwicklung des Knochens . . . . .	586
Chemische und physiologische Lebenseigenschaften der Skeletbestandtheile . . . . .	586
Die Gelenke . . . . .	589
Der Bau des Extremitätengerüsts . . . . .	594
Die Leistungen des menschlichen Bewegungsmechanismus . . . . .	595
Mechanik des Stehens . . . . .	597
Mechanik des Gehens . . . . .	599
Mechanik des Sitzens . . . . .	604
<b>Stimme und Sprache.</b>	
Die Wirkung der Stimmbänder . . . . .	603
Die Klangbildung im Stimmorgane . . . . .	607
Die Sprechstimme . . . . .	608
Zur Entwicklungsgeschichte der Stimmorgane . . . . .	614
Beobachtungsmethoden. Kehlkopfspiegel . . . . .	612
Zur vergleichenden Anatomie der Stimmwerkzeuge . . . . .	612

#### 9. Kapitel: Mechanik und Chemie der Muskeln.

##### 1. Mechanik der Muskeln.

Allgemeine Wirkungsweise der Muskeln und ihr Bau . . . . .	614
Elasticität und Dehnbarkeit der ruhenden Muskeln . . . . .	619
Die Kontraktilität des Muskels . . . . .	620

<b>2 Die Chemie des Muskels als Bedingung seiner Lebens-</b>	<b>Seit.</b>
<b>eigenschaften.</b>	
Der Muskel als kraftproducirendes Organ . . . . .	625
Der chemische Bau des Muskels . . . . .	626
Muskelweissstoffe . . . . .	626
Fleischextrakt . . . . .	627
Chemische Vorgänge im ruhenden Muskel . . . . .	629
Muskelrespiration . . . . .	629
Chemische Vorgänge im thatigen Muskel . . . . .	631
Ermüdung . . . . .	633
Todtenstarre des Muskels . . . . .	637
Muskelerregbarkeit und Muskelreize . . . . .	639
Das Turnen vom Standpunkte der Gesundheitspflege . . . . .	640

## 20. Kapitel: Allgemeine chemische Nervenphysiologie.

Chemische Physiologie der motorischen Nerven . . . . .	
Allgemeine Wirkungsweise der motorischen Nerven . . . . .	643
Zur Anatomie der motorischen Nerven . . . . .	644
Physikalisch-chemische Nerveigenschaften . . . . .	645
Physiologische Aenderungen in der chemischen Nervenzusammensetzung . . . . .	647
Nervenreize . . . . .	650

## III. Thierische Elektrizität.

### 21. Kapitel. 1. Der Muskel und Nervenstrom.

Zur Geschichte der thierischen Elektrizität . . . . .	652
Zur Methode . . . . .	653
Der Muskel- und Nervenstrom . . . . .	656
Negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms und die Leitungsge- schwindigkeit der Erregung . . . . .	660
Organströme . . . . .	663
de Bois-Reymond's Theorie der thierischen Elektrizitätsentwicklung . . . . .	665
Chemische Theorien der thierischen Elektrizität . . . . .	667

### 2. Der elektrische Strom in seinen Einwirkungen auf die Lebens Eigenschaften der Gewebe.

Elektrotonus . . . . .	671
Die elektrische Reizung, Zuckungsgesetz . . . . .	674
Elektrotonus des Rückenmarks . . . . .	678
Bedeutung des elektrischen Stroms für die Nerven und Muskeln . . . . .	679

### 3. Medicinisch - elektrische Apparate und Ver- suche.

## Physiologie der Sinnesorgane.

### 22. Kapitel: Die allgemeinen Grundlagen der Empfindung. Hautsinn und Gemeingefühl.

Leitungsgesetze der Nerven . . . . .	689
Qualitäten der Empfindung . . . . .	691
Erziehung der Seele durch die Sinneseindrücke . . . . .	694
Nicht jede Empfindung kommt zum Bewusstsein . . . . .	695

#### I. Der Tastsinn.

Tastorgane und ihre Erregung . . . . .	695
Die Empfindlichkeit der Haut . . . . .	698
Das Vermögen, die Empfindung zu lokalisiren . . . . .	700

#### II. Der Temperatursinn.

#### III. Das Gemeingefühl.

Das BELL'sche Gesetz . . . . .	705
--------------------------------	-----



**I. Kapitel: Gesichtssinn.****1. Der Bau des Auges.**

Die Funktionen des Auges und Uebersicht seines Baues . . . . .	706
Sclerotica und Cornea . . . . .	709
Messung der Augenformen und Hornhautkrümmung . . . . .	712
Tunica vasculosa: Choroidea und Iris . . . . .	714
Lage der Iris im Auge. . . . .	717
Nervöser Einfluss auf die Pupille . . . . .	718
Die Retina . . . . .	719
Die Krystalllinse. . . . .	724
Der Glaskörper . . . . .	725
Zur Entwicklungsgeschichte des Auges . . . . .	727
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	728

**2. Die Dioptrik des Auges.**

Lichtbrechung in Systemen kugelliger Flächen . . . . .	734
Strahlenbrechung im Auge . . . . .	737
Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut. . . . .	744
Akkommodation . . . . .	744
Verschiedenheiten in der Refraktion und Akkommodation der Augen . . . . .	748
Auswahl der Brillen, Bezeichnung der Myopie und Hypermetropie . . . . .	752
Monochromatische und chromatische Abweichung des Auges . . . . .	753
Astigmatismus . . . . .	753
Entoptische Wahrnehmungen . . . . .	757
Augenleuchten und Augenspiegel . . . . .	759
Zur historischen Entwicklung der Lehre vom Sehen. . . . .	761

**3. Gesichtsempfindungen.**

Die Reizung des Sehnervenapparates . . . . .	763
Die lichtempfindlichen Apparate . . . . .	765
Farbenwahrnehmungen. . . . .	768
Intensität und Dauer der Lichtempfindung . . . . .	773
Subjektive Erscheinungen . . . . .	778

**4. Gesichtswahrnehmungen.**

Die Augenbewegungen . . . . .	778
Stellung des vertikalen Meridians des Auges bei den verschiedenen Augenstellungen . . . . .	782
Augenmuskeln . . . . .	782
Kopfbewegungen . . . . .	784
Das monokulare Gesichtsfeld . . . . .	785
Grössenwahrnehmung . . . . .	787
Bewegung der Objekte. . . . .	788
Ausfüllung des blinden Flecks . . . . .	789
Richtung des Sehens . . . . .	789
Wahrnehmung der Tiefendimension . . . . .	790
Stereoskope . . . . .	795
Das binokulare Doppeltsehen . . . . .	796
Horopter . . . . .	799
Vernachlässigung der Doppelbilder . . . . .	804
Wettstreit der Sehfelder . . . . .	804
Glanz stereoskopischer Objekte . . . . .	802
Schutzorgane des Auges . . . . .	802

**II. Kapitel: Der Gehörsinn.**

Allgemeines über die Funktion des Ohres und die Schallempfindungen . . . . .	804
Tonhöhe . . . . .	805
Klangfarbe . . . . .	806
Die Kopfknochen, das äussere Ohr und der äussere Gehörgang. . . . .	811
Zum Bau des mittleren Ohres . . . . .	813
Das Trommelfell . . . . .	815
Schallleitung im mittleren Ohr. . . . .	818
Das Trommelfell . . . . .	820
Der Bau des Labyrinths und die akustischen Endapparate. . . . .	822

Gang der Schallwellen im Labyrinth und Erregung der akustischen Endorgane . . . . .	
Akustische Eigenschaften der Hörhaare . . . . .	
Dämpfung der Schwingungen im inneren Ohr . . . . .	
Die halbeirnförmigen Kanäle . . . . .	
Räumliche Schallwahrnehmungen . . . . .	
Subjektive und entotische Schallwahrnehmungen . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte des Ohres . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie des Ohres . . . . .	

## 25. Kapitel: Geruchsinn und Geschmacksinn.

### 1. Der Geruchsinn.

Das Geruchsorgan . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Die Geruchsempfindungen . . . . .	

### 2. Der Geschmacksinn.

Schmecken . . . . .	
Das Geschmacksorgan . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Tastempfindung der Zunge . . . . .	
Geschmacksempfindungen . . . . .	

## Physiologie der nervösen Centralorgane.

## 26. Kapitel: I. Rückenmark und Gehirn.

Allgemeine Eigenschaften des Rückenmarks und Gehirns . . . . .	
Die Reflexe . . . . .	
Die Reflexhemmung . . . . .	
Automatische Centren . . . . .	
Zusammenstellung einiger wichtiger Reflexbewegungen . . . . .	
Koordinirte Bewegungen . . . . .	
Sitz der Empfindungs- und Bewegungsorgane im Gehirn. Leitungswege der Erregung . . . . .	
Chemische Lebensbedingungen der nervösen Centren . . . . .	
Schlaf . . . . .	
Die Nerven und der Bau der nervösen Centralorgane . . . . .	
Neuroglia . . . . .	
Die Nervenfasern . . . . .	
Die Nervenzellen . . . . .	
Faserverlauf im Rückenmark . . . . .	
Faserverlauf im Gehirn und verlängerten Mark . . . . .	
Die Ursprünge der Hirnnerven . . . . .	
Zusammensetzung der Funktionen der Hirn- und Rückenmarksnerven . . . . .	
I. Hirnnerven . . . . .	
II. Rückenmarksnerven . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte der nervösen Centralorgane und Nerven . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie der nervösen Centralorgane und Nerven . . . . .	

## II. Sympathikus.

Zum Bau des Sympathikus . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Physiologische Wirkungen des Sympathikus . . . . .	
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse über die Sympathikuswirkung . . . . .	
I. Kopftheil des Sympathikus . . . . .	
II. Halstheil des Sympathikus . . . . .	
III. Brust- und Bauchtheil des Sympathikus . . . . .	
Die Nebennieren . . . . .	

## Physiologie der Zeugungsdrüsen.

**Kapitel: Die Zeugungsdrüsen. Hoden und Eierstock.**

Die Funktion der Zungendrüsen . . . . .	911
Der Hoden und sein Sekret . . . . .	912
Hodensekret, Samen . . . . .	914
Die Bewegung der Samenfliden . . . . .	916
Die Entwicklung der Samenfliden . . . . .	916
Die vergleichende Anatomie der Samenkörper . . . . .	917
Der Eierstock und das Ei . . . . .	917
Chemische und ärztliche Bemerkungen . . . . .	919
Erste Stadien der Entwicklung . . . . .	921
Entwicklung der Ovarien und Eier . . . . .	921
Allgemeines über die Entwicklung der Zeugungsdrüsen beider Geschlechter . . . . .	923
Zur vergleichenden Anatomie. — 1. Hoden . . . . .	923
2. Eierstock . . . . .	924
Eireifung und Menstruation . . . . .	924
Die Befruchtung. Zeugung . . . . .	925
Arten der Zeugung . . . . .	925
Begattungsorgane und Begattung . . . . .	927
Entwicklung der äusseren Genitalien . . . . .	928

## II.

## Zusammenstellung

der

**Bemerkungen zu einer physiologischen Gesundheitspflege.**

## I. Atmosphärische und klimatische Einflüsse auf die Gesundheit.

1. Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung und das Allgemeinbefinden:	
Verminderter Luftdruck . . . . .	477
Gesteigerter Luftdruck . . . . .	478
2. Luftgeschwindigkeit im Freien . . . . .	489
Verunreinigung der Gesamtatmosphäre . . . . .	461, 488
3. Wirkung abnorm hoher und abnorm niedriger Temperaturen auf den menschlichen Organismus (kalte und warme Klimate) . . . . .	559
4. Kohlensäurebestimmung in der Luft nach v. PETTENKOPF . . . . .	489
5. Die Kleidung . . . . .	576
Die Leibwäsche . . . . .	556, 304

## II. Beziehungen der Wohnung zur Gesundheit.

1. Der Boden, auf welchem das Haus steht. . . . .	143, 487
Durchlassungsvermögen des Baugrundes für Wasser (Grundwasser) . . . . .	443
für Gase . . . . .	386
Die Infektion des Bodens durch menschliche Abfälle . . . . .	487
2. Die Baumaterialien, ihre Porosität zum Zwecke natürlicher Ventilation der Wohnräume, der Einfluss der Feuchtigkeit der Mauern . . . . .	484
Anlage des Hauses . . . . .	486

	Seite.
3. Einrichtung der Abtritte, Kloaken, Gossen . . . . .	486. 488
Kloakenflüssigkeit . . . . .	303
Desinfektion des menschlichen Unrathes . . . . .	302
— der Luft in Krankenzimmern . . . . .	480
— der Wäsche . . . . .	304
4. Die Brunnen und das Trinkwasser; Versorgung der Städte und Wohnungen mit Trinkwasser . . . . .	137. 141
Regenwasser . . . . .	138
Flusswasser . . . . .	138. 304
Verunreinigung des Wassers als Krankheitsursache . . . . .	139. 304
Nachweis und Bestimmung organischer Stoffe im Wasser . . . . .	139. 144. 304
5. Luftbedürfniss des Menschen . . . . .	480. 482
Nöthige Grösse des Wohnraumes (Luftraumes) . . . . .	480
Die Luft in Wohnräumen . . . . .	481
Ventilation, Luftwechsel:	
Natürliche durch die Wände und Zimmeröffnungen . . . . .	484. 486
Durch die Heizung im Zimmer . . . . .	485. 500
Künstliche Ventilation . . . . .	483
Räucherungen . . . . .	480
6. Heizung . . . . .	579
Heizmaterial . . . . .	580
Entstehung des Kohlenoxydes (Kohlendunstes) bei der Heizung . . . . .	580
Wirkung des Kohlenoxydes . . . . .	361. 481
Wirkung kalter Zimmer im Winter . . . . .	485
7. Beleuchtung. Luftverbrauch der Flamme . . . . .	580
Leuchtgas, sein Gehalt an Kohlenoxydgas und daraus folgende Giftigkeit . . . . .	386

## III. Die Ernährungseinflüsse auf die Gesundheit.

## A. Nahrungsmittel:

1. Trinkwasser . . . . .	137. 487
Wasserverbrauch in 24 Stunden . . . . .	142
seine Verunreinigungen . . . . .	139. 304. 487
Nachweis und Bestimmung organischer Verunreinigungen im Trinkwasser . . . . .	139. 144. 304
Wasserleitungen . . . . .	141
2. Milch, ihre Zusammensetzung, Verfälschungen und Verunreinigungen . . . . .	144
als Krankheitsursache . . . . .	152
Milchproben . . . . .	151
Milchsurogat 'Lizén'sche Kindersuppe' . . . . .	218
Butter . . . . .	152
Buttermilch . . . . .	153
Molke . . . . .	153. 206
Käse . . . . .	153
3. Fleisch, Fleischsorten; Fleischzubereitung, Konservierungsmethoden . . . . .	154. 629
Fleischinfus (Infusum carnis) . . . . .	160
Fleischsaft . . . . .	232
Fleischextrakt (Fleischbrühe) . . . . .	160. 205. 627
Bouillontafeln . . . . .	161
Die Trichinen im Fleische . . . . .	163. 164
Würste, leuchtende . . . . .	163
Wurstgift . . . . .	163
Drüsengewebe . . . . .	162
Leber, giftig . . . . .	163
4. Fette . . . . .	56. 161
5. Vegetabilische Nahrungstoffe und Nahrungsmittel . . . . .	55. 164. 170
Mehl . . . . .	163
giftiges 'Mutterkorn' . . . . .	171
Blie . . . . .	172
Brod . . . . .	167
Hülsenfrüchte . . . . .	166
Kartoffel . . . . .	166
Gemüse, ihre Zubereitung . . . . .	169
Obst . . . . .	169

	Seite.
6. Genussmittel . . . . .	173
Thee, Kaffee, Chokolade, Tabak . . . . .	173
Tabak, giftiger . . . . .	172
Brautwein, Wein, Bier. . . . .	176. 206
Gewürze . . . . .	177
7. Verdaulichkeit der Speisen . . . . .	253
8. Zusammenstellung der Nahrungsmittel zu Gerichten . . . . .	170
9. Kochgeschirre . . . . .	171
Milchgeschirre. . . . .	151
Wassergefässe. . . . .	144

B. Die Ernährungsweisen:

1. Nahrungsbedürfniss, Hunger, Durst, Sättigung . . . . .	343
2. Hungerzustand . . . . .	198
Fleischnahrung . . . . .	194
Fettnahrung . . . . .	201
Ernährung mit Stärke, Zucker, Leim . . . . .	202
3. Nahrungsmenge . . . . .	206
Kostmaass . . . . .	208
Volksernährung . . . . .	210
Ernährung der Truppen . . . . .	211
Ernährung in Anstalten, Gefängnissen und Familien . . . . .	215
4. Diätetische Kuren . . . . .	217
Fettleibigkeit und Magerkeit . . . . .	217
Lebensalter . . . . .	144. 220
Krankenkost (LIEBIG's Kindersuppe), Ernährung durch Klystiere . . . . .	332. 218
5. Ernährungsweise als Krankheitsursache . . . . .	219

IV. Einfluss der Reinlichkeit auf die Gesundheit.

1. Hautpflege . . . . .	555
Unterdrückung der Hautthätigkeit (z. B. durch Unreinlichkeit) als Krankheitsursache . . . . .	478. 553
2. Leibwäsche . . . . .	556
3. Wirkung der Bäder . . . . .	554. 555. 556

V. Einige Einflüsse der äusseren Lebensstellung auf die Gesundheit.

1. Turnen und Fusswandern im Vergleich mit sitzender Lebensweise . . . . .	640
Das Sitzen und die Schulbankfrage . . . . .	601
2. Schulluft . . . . .	481
3. Wirkung giftiger Gasarten auf die Gesundheit . . . . .	361. 461
4. Wirkung giftiger Metalle, Arbeiten mit Metallgiften (Maler, Farbenreiber, Anstreicher, Töpfer etc.) . . . . .	171
5. Truppen, ihre Ernährung . . . . .	211
6. Gefängnisse Ernährung in denselben . . . . .	215
7. Ernährung der Arbeiter. . . . .	210
8. Ernährung verschiedener Lebensalter . . . . .	220

## III.

## Zusammenstellung

der für den Arzt wichtigsten

**Manipulationen der physiologischen Technik.**

[Medizinische Chemie und medizinische Physik.]

## I. Medizinische Chemie und Mikroskopie.

I.	1)	Titrimethoden . . . . .	490.
II.	2)	Untersuchung der Luft:	
		Kohlensäurebestimmung in derselben nach PETTENKOFER . . . . .	480.
III.	3)	Untersuchung von Nahrungsmitteln:	
	4)	Trinkwasser, die mikroskopische Analyse seiner Verunreinigungen. . . . .	
	5)	Nachweis und Bestimmung der im Wasser enthaltenen organischen und unorganischen Verunreinigungen . . . . .	384.
	6)	Milchproben, chemische und mikroskopische . . . . .	449.
	7)	Untersuchung des Fleisches, Trichinen im Fleische . . . . .	
	8)	Untersuchung des Fleischextraktes und der Bouillontafeln . . . . .	
	9)	Untersuchung des Mehls (Mutterkorn) . . . . .	
		Der Stärke . . . . .	469. 471.
	10)	Untersuchung der Genussmittel . . . . .	472. 473.
	11)	Kochgeschirre, ihre Untersuchung . . . . .	
		Bleinachweis . . . . .	
	12)	Ernährungsversuche . . . . .	
IV.		Verdauungsorgane:	
	13)	Mundhöhlenflüssigkeit, ihre Untersuchung . . . . .	
	14)	Speichelsteine . . . . .	341.
	15)	Zahnsteine . . . . .	
	16)	Ptyalinnachweis . . . . .	
	17)	Mageninhalt. . . . .	
	18)	Erbrochenes . . . . .	
	19)	Pankreassekret, sein Nachweis im Koth . . . . .	
	20)	Steine im Winsow'schen Gang. . . . .	
	21)	Leber- und Galleuntersuchung. . . . .	
	22)	Metalle in der Leber . . . . .	
	23)	Leberprobe . . . . .	
	24)	Galle, Gallenfarbstoff. . . . .	
	25)	Gallensäuren . . . . .	
	26)	Cholesterin . . . . .	
	27)	Gallensteine . . . . .	
	28)	Darmsteine . . . . .	
	29)	Kothuntersuchung bei Krankheiten. . . . .	
	30)	Kothdesinfektion . . . . .	
	31)	Kloakenflüssigkeit . . . . .	
V.		Untersuchung des Blutes:	
	32)	Mikroskopischer Nachweis des Blutes. . . . .	
	33)	Chemischer Nachweis des Blutes, Haminprobe . . . . .	
	34)	Blutmengenbestimmung nach WELCKER. . . . .	
	35)	Hämoglobinprobe, optische . . . . .	362.
	36)	Nachweis von Harnsäure im Blute bei Gicht. . . . .	
	37)	Nachweis von Gallenfarbstoff bei Icterus . . . . .	
		Nachweis von Kohlenoxyd im Blut. . . . .	
		Optischer . . . . .	
VI.		Untersuchung der Lungen:	
	38)	Lungenfarbstoff . . . . .	
	39)	Lungenasche . . . . .	
	40)	Bronchialsteine . . . . .	
	41)	Auswurf . . . . .	

## VII. Harnanalyse für ärztliche Zwecke:

Seite.

## 1. Qualitative Untersuchung des Harns, der Harnsedimente und Harnsteine.

Harnanalyse, ihr Werth für den Arzt . . . . .	517
42) Systematischer Gang derselben . . . . .	518
43) Harnfarbe . . . . .	521
Blut, Menstrualblut . . . . .	521
Gallenfarbstoff . . . . .	521
Indican . . . . .	521
44) Eiweiss im Harn etc. und anderen Flüssigkeiten . . . . .	64. 521. 529
45) Zucker im Harn . . . . .	525
46) Harnstoff, qualitativer Nachweis . . . . .	527. 552
a. Harnstoffkrystalle . . . . .	552
b. Krystalle von salpetersaurem und oxalsauerm Harnstoff . . . . .	553
47) Harnsäurenachweis, Murexidprobe . . . . .	578
48) Chlornachweis im Harn . . . . .	532
49) Schwefelwasserstoffnachweis im Harn . . . . .	534
Bestimmung der Harnsedimente . . . . .	535
50) a. Harnsauerer Natron (Ziegelmehl) . . . . .	537
51) b. Phosphorsaurer Kalk . . . . .	537
52) c. Oxalsaurer Kalk . . . . .	537
53) d. Harnsäure . . . . .	538
54) e. Cystin . . . . .	538
55) f. Schleim, Schleimkörperchen und Schleimgerinnsel, Eiter . . . . .	538
56) g. Blutkörperchen . . . . .	538
57) h. Harnzylinder . . . . .	538
58) i. Samenfäden . . . . .	538
59) k. Gährungs- und Fadenpilze . . . . .	538. 539
60) l. Phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, Tripelphosphate . . . . .	539
61) m. Tyrosin . . . . .	539
62) n. Harnsauerer Ammoniak . . . . .	539
63) o. Phosphorsaurer Kalk . . . . .	539
Bestimmung der Harnsteine . . . . .	539
Vergleiche auch qualitative Bestimmung der Harnbestandtheile und Sedimente)	
Allgemeine Charakteristik der Harnsteine . . . . .	539
Chemische Untersuchung derselben . . . . .	540
64) a. Harnsäure . . . . .	541
65) b. Harnsauerer Kali . . . . .	541
66) c. Harnsauerer Magnesia . . . . .	541
67) d. Harnsauerer Natron . . . . .	541
68) e. Xanthin . . . . .	541
69) f. Cystin . . . . .	541
70) g. Neutraler oder basisch phosphorsaurer Kalk . . . . .	541
71) h. Phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia . . . . .	541
72) i. Kohlensaurer Kalk . . . . .	541
73) k. Oxalsaurer Kalk . . . . .	541

## 2. Qualitative Bestimmung der Harnbestandtheile.

75) a. Titirapparate, ihre Beschreibung . . . . .	490. 492
76) b. Etwaige Eiweissbefreiung des Harnes zum Zweck anderer chemischer Bestimmungen . . . . .	523. 529
77) c. Zuckerbestimmung . . . . .	525
optische . . . . .	524
78) d. Harnstoffbestimmung . . . . .	527
79) e. Eiweissbestimmung nach VOGEL . . . . .	523
mit dem Polarisationsapparat . . . . .	524
80) f. Harnsäurebestimmung . . . . .	532
81) g. Chlorbestimmung im Harn . . . . .	532
92) h. Phosphorsäurebestimmung im Harn . . . . .	533
83) i. Schwefelsäurebestimmung im Harn . . . . .	533
Schweissuntersuchung in Krankheiten . . . . .	552
84) Harnstoff im Schweisse . . . . .	552
85) Schweissfarbstoffe . . . . .	553

## II. Medicinische Physik.

1. Elektrische Elementarstatik	650
2. Elektrische Leitungslehre als Ketten	650
3. Elektrische Leitungslehre als Ketten	650
4. Elektrische Heizapparate	653
5. a. Schwingungsglocken	653
6. b. Schwingung zum Testieren	653
7. c. Schwingungsglocken zum Testieren, Savon'sche Maschine	653
8. d. Physiologische und therapeutische Elektroden	653
9. e. Elektrische Platte für die Hebung und Verrennung	653
10. Technik der Transfusion des Blutes	653
11. Messung physikalischer Schwingungen	653
12. Temperaturmessung für ärztliche Zwecke	653
13. Spektroskop	653
14. Pneumatischer Apparat	653
15. Messung und Messapparate der Atmungs- und der Atmung	653
16. künstliche Respiration	653
17. Kehlkopfapparat	653
18. Myographium	653
19. Ophthalmometer	653
20. Orthoskop, optisches	653
21. Dioptrik des Auges	653
22. Glaskörper	653
23. Camera obscura	653
24. Brillen	653
25. Cylinderlinsen	653
26. Oplometer	653
27. durch den Scherzen'schen Versuch	653
28. durch die chromatische Abweichung	653
29. Augenspiegel	653
30. Stereoskope	653
31. Akustischer Interferenzorthoskop	653

## IV.

## Die Abbildungen.

Neu angefertigt wurden: 3, 8, 48, 40, 64, 84, 105, 107, 108, 118, 119, 121, 129, 130, 132, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 177, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229.

Die anderen wurden folgenden Werken entlehnt:

I. KOLLIKER, Histologie und Entwicklungsgeschichte: 2, 6, 7, 16, 17, 19, 21, 22, 26, 30, 31, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 58, 61, 62, 63, 65, 66, 7, 79, 80, 82, 83, 87, 90, 91, 101, 102, 109, 110, 113, 116, 122, 123, 125, 128, 133, 137, 144, 150, 153, 160, 175, 178, 196, 201, 205, 233, 236, 237, 244, 253, 254, 263, 269, 270.

II. FREY, Histologie: 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 23, 24, 27, 28, 29, 32, 3, 37, 39, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 8, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 103, 115, 116, 117, 126, 127, 131, 139, 140, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 159, 161, 172, 173, 174, 176, 197, 198, 231, 241, 250, 260, 262.

III. STRICKER, Lehre von den Geweben: LANGER: 57; SCHWEIGER-SEIDEL: 106, SCHULTZE: 124, C. LUDWIG: 134, 136; KÜHN: 179; A. ROLLETT: 199; A. IWANOFF: 201, 202, 217, 248; BABUCHIN: 203, 242; RUDINGER: 230, 232; W. WALL: 234, 235, 239; W. ENGELMANN: 243, 245, 246; GELACH: 249, 251, 252; S. MAYER: LA VALLE St. GEORGE: 264; WALDEYER: 265, 266, 268.

IV. GEGENHART, vergleichende Anatomie: 86, 111, 112, 138, 171, 170, 206, 207, 209, 238, 240, 255, 256, 257, 258, 259.

V. KÜHN, physiologische Chemie: 97, 104, 179 KÜHN in STRICKER'S L. B.



# Allgemeine Physiologie.

---

## Die Physiologie der animalen Zelle.



## Erstes Capitel.

### Von der Gestalt der Zelle, ihrer Entstehung und Umbildung.

#### Schema der Zelle.

ARISTOTELES, der Begründer der exacten Forschungsmethode in den Naturwissenschaften, sagt in seinem Buche über die Theile der Thiere, dass der Mensch, der Gegenstand unserer fortwährenden Betrachtung, das unbekannteste Naturobject sei in Beziehung auf seinen inneren Bau.

Jene missverständene religiöse Scheu, welche im Alterthum die Zergliederung des menschlichen Leibes unmöglich zu machen schien, ist dem natürlichen Interesse der Selbsterkenntniss, dem Wissensbedürfniss des Arztes gewichen. Es gab bald kein Naturobject, welches wenigstens in seinen gröberen Verhältnissen so gründlich durchforscht und auch erkannt gewesen wäre, als der Körper des Menschen; schon zu Ende des vergangenen Jahrhunderts schien die Frage nach dem inneren Bau des Menschen vollkommen erledigt.

Unserer Zeit ist es gelungen, da sie mit verbesserten Untersuchungshilfsmitteln von neuem an die Frage herantreten konnte, auch hier einen entscheidenden Fortschritt zu machen. Während man früher bei den betreffenden Untersuchungen nur zu einer grösseren Anzahl verschiedener Elementarformen, aus denen sich der Körper zusammensetzte, gelangen konnte, ist es vor wenig Jahren gelungen, das allgemeine Formgesetz aufzufinden, nach welchem sich in allen jenen Verschiedenheiten eine überraschende Gemeinsamkeit ergibt.

Die Wissenschaft vom Körper des Menschen, von seinem Bau und seinen Vorrichtungen verdankt ihre grossen Fortschritte, die sie in der letzten Zeit zu einer früher ungeahnten Vollkommenheit geführt haben, den vorausgegangenen Entdeckungen der Chemie und Physik. Jede neue Errungenschaft auf jenen Gebieten trägt hier ihre Früchte. Für die Verhältnisse, die wir zuerst zu betrachten haben, war es die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskopes, mit dessen Hülfe die entscheidenden Resultate gewonnen werden konnten.

Die grösste Entdeckung, welche wir dem Mikroskope verdanken, ist zunächst nicht, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte, die, dass es uns mit Hülfe seiner optischen Vergrösserung eine neue Welt mikroskopisch-kleiner Organismen eröffnete; als der grösste Erwerb mit seiner Beihülfe muss die Erkenntniss der

einfachen Elementarstructur des menschlichen Körpers und mit ihm der gesamten organisirten Natur angesprochen werden.

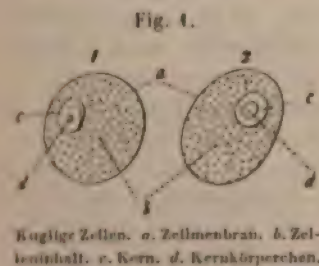
Dem, der sich ein nur annähernd richtiges Bild machen kann von der Mannigfaltigkeit der Thier- und Pflanzenformen, vom Menschen bis hinab zu kleinen, mit unbewaffnetem Auge nicht mehr sichtbaren Thierchen, von der Pflanze bis zu dem mikroskopischen Pflänzchen, muss es im höchsten Grade Erstaunen einflößen, wenn die Wissenschaft lehrt, dass diese Menge ihm so grundverschieden dünkender Erscheinungsformen nach Einem Plane gebaut sei; und sie behauptet, dass eine Zusammenhäufung ein und derselben elementaren Grundform von mikroskopischer Kleinheit diese Welt von Mannigfaltigkeit zusammensetzt.

Die Wissenschaft geht noch weiter, indem sie lehrt, dass jede dieser Erscheinungen, den thierischen und pflanzlichen Leib aufbauenden Grundformen als eigener, im Wesentlichen abgeschlossener Organismus betrachtet werden müsse. Der Organismus des Thieres und der Pflanze hört damit bis zu einem gewissen Grade auf, eine in sich geschlossene Einheit darzustellen. Er ist ein Aggregat jener Grundformen der Organisation, die wir als Grundorganismen mit BRÜCKE als Elementarorganismen bezeichnen können. Die Wissenschaft giebt ihnen den Namen Zellen bei. Im Folgenden haben wir uns auf die anatomische Zelle und ihre Betrachtung vor allem zu beschränken.

Die zahllosen, einen irgend grösseren Organismus zusammensetzenden Zellen führen auch in dieser Vereinigung eine unverkennbare Sonderexistenz. Wir betrachten sie jede einzelne für sich entstehen, wachsen, sich fortpflanzen, erkranken und Grunde gehen, ohne dass der übrige Gesamtorganismus an diesen Einzelschicksalen eines seiner Grundtheilchen weiteren Antheil nehmen müsste. Das individuelle Leben jeder einzelnen Zelle giebt sich in eigenen, besonderen Thätigkeiten zu erkennen. Das Gesamtleben, die Gesamthätigkeiten des grossen Organismus sind aber das Resultat des Einzellebens, der Einzelthätigkeiten aller zusammensetzender Zellen. Es wird unsere Aufgabe sein, das Leben der Zelle möglichst nach allen Richtungen zuvor zu erforschen, wenn es uns gelingen wird, die Gesamtfunktionen eines grösseren Organismus, in unserem Falle des menschlichen Leibes, kennen und verstehen zu lernen.

Man definirte bisher die Zelle als ein kugelförmiges, kernhaltiges, mikroskopisches Bläschen (Fig. 1) mit zähflüssigem Inhalt. Diese Definition reicht nach den neueren Forschungs-Ergebnissen nicht mehr aus, wie die folgenden Darstellungen zeigen werden.

Es steht fest, dass alle höheren Thiere in den frühesten Entwicklungsstadien ganz und gar aus Zellen bestehen, und dass alle die complicirten Bildungen ihres Organismus sich aus Zellen entwickeln.



Der Gedanke, dass die zusammengesetzten Bildungen des thierischen Organismus aus gleichartigen belebten Urtheilchen beständen oder wenigstens daraus herleiteten, ist zuerst theoretisch, in einem gewissen Zusammenhang mit der LEIBNIZ'schen Monadentheorie ausgesprochen worden (E. DE BOIS-REYND).



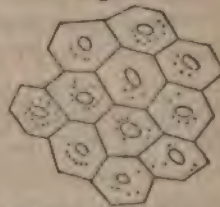
Im Jahre 1805 finden wir ihn in dem Werke über Zeugung bei OKEN. Die Urtheilchen sind Bläschen; in dem Programm über das Universum (1808) liest er: »Der erste Uebergang des Unorganischen in das Organische ist die Veranlassung in ein Bläschen, das ich in meiner Zeugungstheorie Infusorium genannt habe. Thiere und Pflanzen sind durchaus nichts anderes, als ein vielfach verknüpft oder wiederholtes Bläschen, was ich auch seiner Zeit anatomisch bewiesen werde.« HESLINGER, PURKINJE und A. F. J. CARL MAYER (in Bonn) kamen auch von theoretischer Seite zur Behauptung des Daseins organischer Urtheilchen, die zum Theil als Infusorien und Zoospermien ein selbständiges Leben führen können. BUFFON glaubte, dass diese Urtheilchen sich zu grösseren Organismen (Mastocysten) zusammenfügen könnten.

VALENTIN hat auf die Realität der Structur der thierischen Organismen ausser Acht gelassen; die wissenschaftliche Reife durch Beobachtung erhielt die Zelle im Jahre 1838 durch die Untersuchungen von SCHWANN, der im Jahre 1839 in der Schrift: »Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen« die Frage definitiv löste.

Die Bezeichnung »Zelle« für die genannten Bläschen rührt von der Aehnlichkeit her, welche feine Schnitte junger Pflanzentheile unter dem Mikroskope bei einem Querdurchschnitte durch eine Anzahl zusammenhängender Zellen einer Längswand zeigen (Fig. 2.). Die an einander gelagerten Bläschen zeigen oft wie die Bienenzellen auf dem Querdurchschnitt eine sehr regelmässige sechseckige Gestalt. Es bekommt dadurch das mikroskopische Bild eine gewisse Aehnlichkeit mit einem grobmaschigen Zeuge, das die Beschreibung Gewebe für eine solche Zusammenordnung von Zellen zu rechtfertigen scheint, obwohl wenigstens bei den animalen Geweben diese Grundform sehr bedeutende Modificationen erleiden kann.

Für ein Bläschen ist eine geschlossene Hülle, eine Haut oder Membran das wesentliche Characteristicum. Häufig zeigen viele als Zellen angesprochene Gebilde schon in späteren Stadien ihres Lebens eine Umhüllung, welche sich deutlich von der übrigen Masse der Zelle unterscheidet. Diese Zellmembran zeigt in der Mehrzahl der Fälle auch für unsere besten Mikroskope keine erkennbare Structur, sie scheint vollkommen homogen zu sein. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen auf Thatsachen stossen, die uns dringend darauf hinweisen, nicht nur dass feine Porenöffnungen in der Zellmembran enthalten sein müssen, welche den Ein- und Austritt von Stoffen der Zelle vermitteln; ja wir werden Andeutungen treffen, dass eine ganz bestimmte, mechanische Anordnung sich finden müsse, welche einen Gegensatz zwischen der Aussen- und Innenfläche in derselben statuirt. Als Andeutung eines feineren Aufbaus der Zellmembran sind die Beobachtungen von radiären Streifungen in den Membranen einiger Zellen zu nennen, die den Anschein feiner Durchbohrungen erwecken. FESKE und KOLLIKER haben derartige »Porencanäle« an den Innenflächen des Darmes der Säugethiere auskleidenden Zellen und zwar an ihrem freien Grenzsaum, der dem Darmlumen zugekehrt ist, aufgefunden. Auch bei

Fig. 2.



Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo, noch weicher als Epithelium. 350mal vergrössert.

II. Medicinische Physik.

Medicinische Elektrizitätslehre: . . . . .	65
86 a. Konstante elektrische Ketten: . . . . .	680, 68
(GALV'sche, DANIELL'sche, BRUSEN'sche Kette).	
b. Elektrische Reizapparate:	
87) h. Schlittenmagnetelektromotor . . . . .	675, 68
88) c. Schlüssel zum Tetanisiren . . . . .	68
89) d. Rotationsapparat magneto-elektrischer, SALTZ'sche Maschine . . . . .	683, 67
90) e. Physiologische und therapeutische Elektroden . . . . .	68
91) f. Motorische Punkte für die Muskel- und Nervenreizung . . . . .	68
92) Technik der Transfusion des Blutes . . . . .	38
93) Pulsmessung, physikalische. Sphygmographen . . . . .	430, 42
94) Temperaturbestimmung für ärztliche Zwecke . . . . .	52
95) Spektroskop . . . . .	26
96) Polarisationsapparat . . . . .	58
97) Messung und Messapparate der Athembewegung . . . . .	42
der Athemluft . . . . .	42
98) Künstliche Respiration . . . . .	48
99) Kehlkopfspiegel . . . . .	68
100) Myographion . . . . .	622, 62
101) Ophthalmometer . . . . .	72
102) Orthoskop, optisches . . . . .	72
103) Dioptrik des Auges . . . . .	72
104) Glaslinsen . . . . .	733, 735, 72
105) Camera obscura . . . . .	72
106) Brillen . . . . .	72
Cylinderlinsen . . . . .	72
107) Optometer . . . . .	72
durch den SCHWEIN'schen Versuch . . . . .	72
durch die chromatische Abweichung . . . . .	72
108) Augenspiegel . . . . .	72
109) Stereoskope . . . . .	793, 72
110) Akustischer Interferenzorthoskop . . . . .	8

IV.

Die Abbildungen.

Neu angefertigt wurden: 3, 8, 13, 40, 64, 84, 105, 107, 108, 118, 119, 129, 130, 132, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 177, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229.

Die anderen wurden folgenden Werken entlehnt.

I. KOLLIKER, Histologie und Entwicklungsgeschichte: 2, 6, 7, 16, 17, 19, 21, 22, 26, 30, 31, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 58, 61, 62, 63, 65, 66, 72, 79, 80, 82, 85, 87, 90, 94, 101, 102, 109, 110, 113, 114, 122, 123, 125, 128, 133, 137, 144, 150, 153, 160, 175, 178, 196, 204, 205, 233, 236, 237, 244, 253, 254, 263, 269, 270.

II. FREY, Histologie: 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 23, 24, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 39, 40, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 83, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 190, 193, 115, 116, 117, 126, 127, 131, 139, 140, 142, 143, 145, 146, 147, 158, 149, 151, 152, 154, 155, 159, 161, 172, 173, 174, 176, 197, 198, 231, 241, 250, 260, 262.

III. STRICKER, Lehre von den Geweben: LANGER: 57; SCHWEIGER-SEIDEL: 106; F. SCHULTZE: 125; C. LEDWIG: 131, 136; KEHNE: 179; A. ROLLETT: 199; A. IWANOFF: 200; M. SCHULZE: 201, 202, 247, 248; BARNHART: 203, 212; RÖDIGER: 230, 232; W. WALDEYER: 234, 235, 239; W. ENGELMANN: 243, 245, 246; GERLACH: 249, 251, 252; S. MAYER: 260; LA VALETTE St. GEORGE: 261; WALDEYER: 263, 266, 268.

IV. GEGENBAUR, vergleichende Anatomie: 86, 111, 112, 138, 174, 170, 200, 207, 209, 228, 240, 255, 256, 257, 358, 359.

V. KÜHN, physiologische Chemie: 97, 104. (179 KÜHN in STRICKER'S L. B.).

# Allgemeine Physiologie.

---

## Die Physiologie der animalen Zelle.



weiteren Differenzirungen des Leibes dieser »Elementarorganismen« (BACKE), führt zunächst zur Bildung eines »Kernes«, vielleicht zunächst noch ein solider, festweicher Protoplasmatheil, der mehr und mehr an Selbständigkeit gegenüber dem übrigen Protoplasma gewinnt, und sich durch eine eigene Membran abschliessen kann, welche z. B. bei den Keimbläschen, dem Kern des unbefruchteten Eies, das als eine Zelle auf dem Höhepunkt der formalen Entwicklung betrachtet werden darf, auf das Sicherste nachgewiesen ist. Der Kern gestaltet sich dadurch in ein Bläschen um. Der Kern entsteht aus dem Protoplasma, er liegt stets in demselben eingebettet, er ist im Stande sich wieder zu Protoplasma aufzulösen, er enthält die wesentlichen chemischen Bestandtheile derselben (Eiweisskörper, KUEHNEL), er ist, da wo er sich findet, ein besonders wesentlicher Theil des Protoplasma. In diesem Zustande der Differenzirung: Protoplasma mit eingelagertem Kern scheinen sich die animalen Elementarorganismen vielfältig zu finden, man spricht auch diesen Zustand als einen Jugendzustand der Zelle an. Consequent müssen derartige Gebilde von denen »nackte Zellen« genannt werden, welche zum Begriff der Zelle die Membran als unerlässlich voraussetzen.

Die Stoffe des Protoplasmas differenziren sich, wie wir eben sahen, zunächst in Kern und den diesen umhüllenden Protoplasmarest. Die Stoffe, die den Kern bilden, waren vor seiner Abscheidung in irgend einer Weise im Protoplasma gelöst, sie können wieder in das Protoplasma zurückkehren. Auch die anderen Differenzirungen der Zelle die Bildung der Zellmembran und der Zwischenzellenmassen, die Bildung der körnigen und flüssigen Protoplasmaeinschlüsse, die Bildung der Kernkörperchen sind zunächst Differenzirungen des Protoplasmas, die Stoffe, aus denen sie bestehen, oder ihre Bildungsmaterialien, waren vorher in irgend einer Form im Protoplasma vorhanden. Das ungeformte Protoplasma der Zelle mit dem Kern, die »vorzugsweise lebende Substanz« KOLLIKER's, die »Keimsubstanz der Zelle« LIONELL BEALE's (germinal matter) umgibt sich in der Folge des Zellenlebens mit »geformter Materie« (formed material), das mehr erhärtend aus der lebhaften Stoffbewegung des Protoplasmas heraustritt. So entsteht die Zellmembran, die Zellkapsel, die »Zwischensubstanz« des Bindegewebes, in welchen noch neue Differenzirungen chemischer Art, Haut- und Schichtbildungen von abwechselnd verschiedenem Wassergehalt der geformten Materie oder elastischer Erhärtung derselben auftreten können. Es liegt dann in einem verschieden dicken Hof »geformter Materie« der Zellkern umgeben von seinem Protoplasmarest eingebettet, welche zusammen immer noch das eigentlich Wesentliche der Zelle darstellen.

Das Protoplasma hat die Fähigkeit, sich mit Flüssigkeiten zu imbibiren oder zu mischen, während des Lebens in nur geringem, wechselndem Grade. In dem Zustande der höchsten Lebensenergie scheidet es activ die aufgenommenen Flüssigkeiten entweder nach aussen ab, sodass sich dadurch seine Masse verringert, oder die Abscheidung geschieht in das Protoplasma selbst, wodurch dann mit wässriger Flüssigkeit erfüllte Hohlräume im Protoplasma entstehen. Das Protoplasma bekommt dadurch eine Art von zusammengesetztem Bau (BACKE). Durch partielle Contractionen des Protoplasmas können die wässrigen Inhaltsmassen mit ihren körnigen Einschlüssen hin und her bewegt werden. Durch innere Veränderung des Protoplasmas saugt es oft mit einem Mal seine Hohlraumflüssigkeiten in sich ein, um sie später langsam wieder abzuscheiden.

Die ausgebildete, in sich abgeschlossene Zelle lässt sonach (J. SACUS) eine Anzahl concentrisch gelagerter, chemisch und physikalisch verschiedener Schichten: feste, halbfeste, flüssige, unterscheiden. In der jugendlichen Zelle, die nur aus undifferenzirtem Protoplasma bestehen kann, ist die Fähigkeit zu dieser Schichtenbildung das Charakteristische.

### Die Eizelle.

Das reife Ei der Menschen und der Säugethiere wird meist als der Typus der animalen Zellen betrachtet, man nennt es in diesem Sinne Keimzelle.

Das menschliche Ei besitzt vollkommene Kugelgestalt. Sein Durchmesser beträgt 0,18—0,2 Mm. Sein zähflüssiges, körniges Protoplasma wird als Dotter-



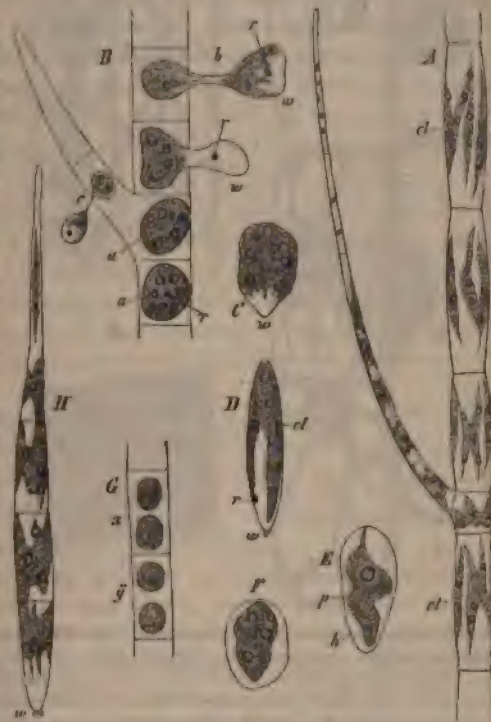
masse bezeichnet. Sie ist umgeben mit einer ziemlich dicken, farblosen, geschichteten Membran, der Zona pellucida, welche in einzelnen Fällen z. B. beim Maulwurf noch eine weitere Struktur entsprechend ihrer senkrechten Streifung erkennen lässt (cf. Abbildung). Eingebettet in das Protoplasma liegt ein helles Bläschen, das Keimbläschen, das als Zellkern angesprochen zu werden pflegt. In ihm zeigt sich eine körnige dunklere Masse, der Keimfleck als Kernkörperchen.

Von den anderen animalen Zellen unterscheidet sich das Ei zunächst durch eine bedeutendere Grösse, die es dem unbewaffneten Auge noch sichtbar macht, während fast alle animalen Zellen sonst nur mit Hülfe des Mikroskops zu erkennen sind im Durchschnitt von 0,005–0,01<sup>m</sup> Grösse.

Fig. 4.

Zur vergleichenden Anatomie. — Die Zellen der Pflanzen sind in ihrem Verhalten den thierischen Zellen analog. Man hielt früher das Vorkommen einer äusseren Zellmembran aus Cellulose bestehend für einen durchgreifenden Unterschied zwischen Pflanzen- und Thierzellen. Doch zeigt sich auch hier keine scharfe Scheidungslinie zwischen Pflanze und Thier. Bei niederen Thieren ist Cellulose mit all ihren von der Pflanzenzelle her bekannten Eigenschaften aufgefunden worden. Nach den Untersuchungen von LOWIC und KÖLLIKER scheint ihr Vorkommen auf die Thunizien beschränkt zu sein. Man hat Cellulose nachgewiesen: im Mantel der *Pladusia mamillaris*, in der kugelförmigen Hülle der einfachen Ascidien, in dem lederartigen Mantel von Cyathien, endlich im äusseren Rohr der Salpen.

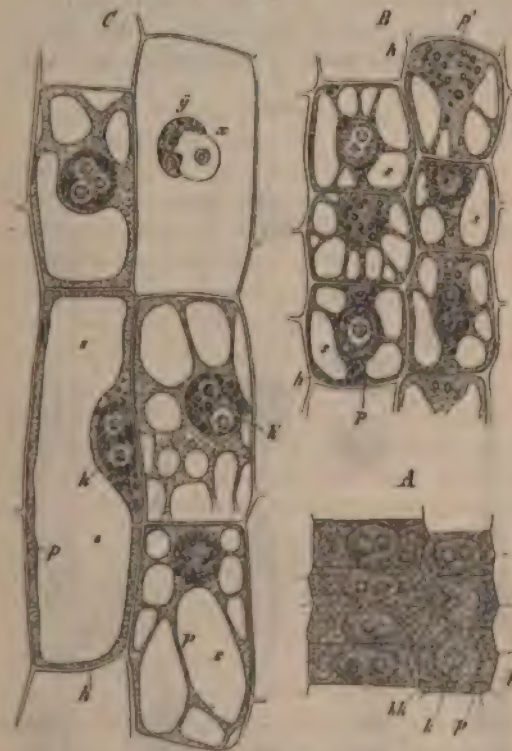
Auch bei den Pflanzenzellen spielt das Protoplasma die Hauptrolle. Es ist erweislich, hat die Fähigkeit der Contractilität in analoger Weise wie das thierische Protoplasma, die chemische Zusammensetzung ist übrigens in beiden mit Ausnahme des Eiweissstoffes doch nicht unwesentlich verschieden, insofern bei der Pflanzenzelle die Cellulose ein gewöhnlicher Bestandteil ist, die, wie erwähnt, in der Thierzelle nur in ganz einzelnen Fällen vorkommt. Auch die Bestandtheile des Zellsaftes sind in beiden Reichen meist ziemlich different.



*Stigeoclonium insignis* (nach NÄGELI, Pflanzenphysiol. Untersuchungen Heft I); A ein aus einer Zellenreihe bestehender Ast der Alge mit einem Seitenzweig; cl sind grün gefärbte Protoplasmae (Chlorophyll), welche dem farblosen, in der Zeichnung nicht sichtbaren Protoplasmaschlauch jeder Zelle eingebettet sind; B die Protoplasmae der Zellen contrahiren sich und treten durch Oeffnungen der Zellhäute hinaus; C Schwarmspore noch ohne Haut; D eine solche zur Ruhe gekommen, bei E und F getödtet; das Protoplasma p zieht sich zusammen und lässt die neugebildete Zellhaut h erkennen; H eine junge, aus der Schwarmspore erwachsene Pflanze; G zwei Zellen eines Fadens, die in Theilung begriffen sind. Der Protoplasmae jeder Zelle (x und y) ist einstweilen in 2 gleiche Theile zerfallen und durch ein zugesetztes Reagens contrahirt.

Die Entstehung der Schwärmsporen der Algen und mancher Pilze zeigt uns die Ständigkeit des Protoplasmakörpers von dem Werth einer Zelle sehr deutlich. Nach Untersuchungen von NÄGELI zieht sich z. B. bei *Stigeoclonium insigne* (Fig. 4) das in saft erfüllte Protoplasma einer Zelle zusammen, lässt das Wasser des Zellsaftes ab und bildet einen soliden, rundlichen Klumpen, der nun durch eine Oeffnung in der Zelle entweicht und durch innere Kräfte getrieben im Wasser umherschwimmt. Während Austrittes ist er weich und dehnbar, aber einmal frei geworden nimmt er eine spezifische, durch innere Kräfte bestimmte, durch innere Kräfte bestimmte Gestalt an. Meist nach 10–20 Stunden kommt die Schwärmspore in Ruhe und lässt nun eine Cellulosehülle erkennen, die ihr anfänglich sehr dünn ist; sie beginnt nach weiteren Differenzirungen im Innern zu wachsen.

Fig. 5.



Parenchymzellen aus der mittleren Schicht der Wurzelrinde von *Fritillaria imperialis*; Längsschnitte, nach 550maliger Vergrößerung. A nicht über der Wurzelspitze liegende, sehr junge Zellen, noch ohne Zellsaft; B die gleichnamigen Zellen etwa 2 Millimeter über der Wurzelspitze, der Zellsaft *s* bildet im Protoplasma *p* einzelne Tropfen, zwischen denen Protoplasmaecken liegen; C die gleichnamigen Zellen etwa 7–8 Millimeter über der Wurzelspitze; die beiden Zellen rechts unten sind von der Vorderfläche gesehen; die grosse Zelle links unten im optischen Durchschnitte gesehen; die Zelle rechts oben durch den Schnitt geöffnet; der Zellkern *k* steht unter dem Einfluss des eindringenden Wassers eine eigenthümliche Quellungserscheinung wahrzunehmen (*s p*) (Sachs).

Zellraum im Protoplasma ganz, später scheidet sich im Protoplasma wässrige Flüssigkeit als Zellsaft aus. Ausserdem kommen in den Zellen der Pflanzen sehr gewöhnlich mit dem Protoplasma zugehörige körnige Einschlüsse vor, von denen die den Pflanzen Farbe ertheilenden Chlorophyllkörper die wichtigste Rolle spielen (Sachs).

bestimmte, durch innere Kräfte bestimmte Gestalt an. Meist nach 10–20 Stunden kommt die Schwärmspore in Ruhe und lässt nun eine Cellulosehülle erkennen, die ihr anfänglich sehr dünn ist; sie beginnt nach weiteren Differenzirungen im Innern zu wachsen.

Die Pflanzenzelle wird also von dem Protoplasmakörper gebildet, dieser selbst ist eine nackte, primitive Zelle, er verhält sich zu der gebildeten Pflanzenzelle wie die Zelle zum fertigen Insect, welche letztere reicher gegliedert aus jenen hervorgeht (Sachs).

Die Organe der Pflanzenzelle entstehen aus dem Protoplasma, welchem sie also vor diesem Aussehen in irgend einer Weise gelöst sind.

Die fertige Pflanzenzelle zeigt sich in der überwiegenden Zahl der Fälle in saftigen Pflanzen theilen zusammengesetzt aus drei concentrisch gelagerten Schichten: einer äusseren, festen, elastischen Cellulose bestehenden Zellhülle. Dieser liegt im Innern eine zweite ebenfalls allseitig geschlossene, jedoch nicht einfach bläschenförmige Schicht an, deren Substanz aus Protoplasma (Mout.) besteht (Protoplasma). Innerhalb dieser Protoplasmaschicht finden sich meist mehrere Protoplasmaportionen als Fortsätze und Stränge. Bei den höheren Pflanzen liegt ausnahmslos in das Protoplasma eingebettet ein rundlicher Kern, welcher dem Protoplasma sehr ähnlich ist, aber der Kern. In jugendlichen Zellen füllt Protoplasma und Kern den



## Entstehung der Zelle.

Die Annahme, dass die Zelle als der Grundtypus der Organisation anzusehen ist, fand eine Zeit lang Widerstand von Seite ausgezeichneter Forscher und Gelehrten. Es scheint, dass der Grund dafür in dem anspruchsvollen Gehalt dieser Lehre im ersten Anfange ihres Auftretens zu suchen ist. Sie hatte, obwohl sie auf exacte Forschung und wirkliche Beobachtung gestützt, doch noch etwas von dem Gewande der Naturphilosophie an sich, welche sie schon so weit früher auf speculativem Wege aufgestellt hatte. Nach der Lehre OKEN's entstanden die Thierchen, seine Infusorien, aus einem flüssigen unorganisirten Bildungs-Elemente, das die chemischen Stoffe, aus welchen sich der primitive Organismus zusammengesetzt zeigt, in Lösung erhält. Dieselbe Anschauung wurde von SCHWANN und SCHLEIDEN über die Entstehung der Zelle vorgetragen. Man schien das Geheimniss der Entstehung der Organisation aus den unorganisirten Grundlagen erschlossen zu haben. Ist man einmal im Stande, die Bildung der Zelle zu erklären, so ist es leicht, durch Vermehrung und vielfache Verzweigung derselben, wie es die Naturphilosophie gethan hatte, die Entstehung der complicirtesten Organismen anschaulich zu machen. Auch die übrigen Lebensvorgänge schienen weniger unbegreiflich, wenn man sie in diese kleinen belebten Urtheilchen versetzen konnte. Dem damals herrschenden Vitalismus schien es, als würde den Lebenskräften, die man die Wunder der Organisation verrichten liess, ihr Geschäft erleichtert gleichsam durch Vervielfältigung der Etappen, durch Kleinheit des Bezirks, in welchem sie feindlichen anorganischen Kräften entgegen die organischen Aufgaben zu erfüllen hätten (E. DU BOIS REYMOND). Es schien, als wenn das Mikroskop das alte über den Lebenserscheinungen schwebende Dunkel verjagt hätte.

Die mikroskopische Entdeckung der einheitlichen Organisation der Thiere und Pflanzen bringt uns jedoch selbstverständlich, sobald es sich um letzte Erklärungen handelt, um keinen Schritt weiter, mögen wir die Lebenserscheinungen nun in die mikroskopischen Zellen und Zellgebilde verlegen, oder mögen wir uns nur die Leistungen der grösseren organisirten Massen halten.

Wir (Mikroskopiker) befinden uns, sagt LEYDIG, wie mir dünkt, leider in gleichem Falle mit Einem, der, 'das Leben' etwa einer Wiese, eines Waldes eine Zeit lang von einem fernen Standpunct aus studirte und nun glaubt, es würde sich ihm ein besseres Verständniss von dem Wachsen, von dem Grünwerden, sich Entfärben abthun dadurch, dass er näher tritt, um die einzelnen, die grünende Fläche zusammensetzenden Pflanzenarten in's Auge fassen zu können. Allerdings wird er jetzt mancherlei interessante neue Beobachtungen machen, aber in der Hauptsache bleibt das Räthsel von vornhin; er steht noch immer vor denselben Fragen, nur mit dem Unterschied, dass er die Veränderungen gegenwärtig an jedem Pflanzenindividuum ebenso gewahrt, wie zuvor an der grossen grünenden Fläche.

Nach SCHWANN's Lehre unterschied man zwei verschiedene Bildungsarten der Zellen: eine sogenannte freie Entstehung und eine Erzeugung unter Betheiligung anderer Zellen sogenannter Mutterzellen. Bei der ersteren Entstehungsart sollten die Zellen um freie Kerne in der Bildungsflüssigkeit sich erzeugen.

Man pflegte mit Rücksicht auf die gelehrte freie Entstehung die Zellen

mit Krystallen zu vergleichen; und nannte die Form der Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe. Man dachte sich die Zelle ebenso als Niederschläge aus dem flüssigen Bildungsstoffe entstanden, wie die Krystalle bilden. Es sollten in der Flüssigkeit, welche die chemische Elementarzusammensetzung der Zelle enthielt — dem Cytoblasteme (von *κύτος* Bläschen, *βλαστῆμα* Keimsubstanz) — zuerst Molecularkörnchen entstehen. Einige dieser kommen näher an einander zu liegen und beginnen damit eine Art Mittelpunkt für die zerstreut umliegenden Körnchen zu bilden. Diese lagern sich dem Centrum angezogen immer näher kugelig an dieses an. Nach und nach den Stichwörtern der Entstehungshypothesen — consolidiren sich die im Mittelpunkt liegenden Körnchen mehr und mehr und erhärten zuletzt zum Kerne, nun als neuer Attractionsmittelpunkt wirkt bis zur Bildung einer vollkommenen Zelle. Nach SCHWANN sollte die freie Zellbildung im Gegensatz zu den Furchungskugeln die häufigere Art der Zellbildung bei den Thieren sein.

Den ersten Stoss erfuhr diese Entstehungshypothese, die im Grunde mit der Generatio aequivoca identisch ist, schon im Jahre 1810 durch die Erklärung CHERT'S, dass er bei Embryonen nirgends das behauptete Cytoblastem finden konnte. Im Jahre 1844 konnte es KOLLIKER aussprechen, dass alle Zellen der Embryonen von den Furchungskugeln, den ersten Abkömmlingen der Eizelle, abstammen, was durch REICHERT bestätigt wurde. Den Todesstoss erhielt die Lehre durch Untersuchungen VICHOW'S vor allem über die Betheiligung der Bindegewebe an den pathologischen Zelleneubildungen, z. B. der Eiterung, die man bis dahin als eine der Hauptstützen der Ansicht von der freien Zellbildung betrachteten dürfen meinte <sup>1)</sup>.

Es ist nämlich nicht zu läugnen, dass sich die Lehre von der freien Zellbildung auf mikroskopische Beobachtungen zu stützen scheint. Man sieht wirklich unter Umständen in Flüssigkeiten, welche die gewöhnlichen chemischen Bestandtheile von Zellen enthalten, z. B. in Flüssigkeiten von Brand- oder Vesicatorblasen auf Haut, mikroskopische Bilder, welche der oben gegebenen Darstellung vollkommen zu entsprechen scheinen. Man darf aber nicht die Stadien eines endlichen Zerfalls falles nicht mehr lebensfähiger, abgestorbener Zellen in Flüssigkeiten für Ausdruck einer Neubildung aus den Urstoffen nehmen. Die Auflösung der Zelle hat als Schlussstadium den Zerfall in kleine, moleculäre Körnchen, welche als letzte Zeugen einer ehemaligen Organisation endlich auch verflüssigen <sup>2)</sup>.

Von dem Gedanken, dass die Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe sei, befreite uns definitiv die Beobachtung, dass die höchsten zusammengesetzten organisch-chemischen Stoffe, eine wirkliche Krystallform annehmen können.

Die Wissenschaft kennt keine freie Zellbildung, sie ist daher auch in dieser Beziehung ihren auf Betrachtung gegründeten

<sup>1)</sup> An VICHOW'S Beobachtungen schliessen sich ergänzend die CONSUM'S über den Ausbruch der Eiterzellen aus weissen Blutzellen an.

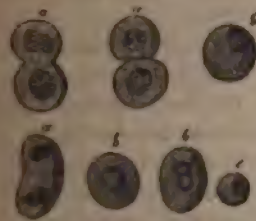
<sup>2)</sup> Eine andere Anschauung über die Entstehung der Zellmembran bei der freien Zellbildung dachte sich dieselbe durch Imbibition von Flüssigkeit in der Kernmasse entsteht, wodurch die äusseren Theile von den inneren abgehoben werden, und blasenartig ausgeht, wie man derartige Vorgänge durch Einbringen organischer Stoffe in sehr verdünnte wässrige Lösungen wirklich künstlich hervorrufen kann (M. TRAUBE).



Salz aufrecht, dass alles Lebendige zu seiner Entstehung ein Lebendiges voraussetzt: *omne vivum e vivo*.

Der wirklich beobachtete Vorgang der Entstehung neuer, junger Zellen erinnert an die Fortpflanzung niederer Thiere. Man kann eine Vermehrung der Zellen **durch einfache Theilung** und durch **endogene Theilung** (KÖLLIKER) unterscheiden. Der Vorgang der Zellvermehrung geht von dem Zellkerne aus. Dieser bekommt bei der einfachen Zelltheilung entweder, wie es scheint, eine Furchung, die an Tiefe zunehmend ihn endlich in zwei Theile, zwei Kerne zerfallen lässt, oder es löst sich der Kern in dem Protoplasma zuerst auf und es scheiden sich dann zwei neue Kerne aus (Fig. 6.). So entstehen nun in der Zelle zwei wirksame Mittelpunkte, welche sich in die Gesamtmenge des Zellinhaltes (Protoplasma) theilen. Es geht die vollkommene Trennung der beiden Zellen dann erst so vor sich, dass sich der Zellinhalt um die Kerne abschnürt, so dass auf diese Weise zwei vollkommen neue Zellen aus der Mutterzelle entstanden sind. Dieser Theilungsact wurde zuerst von REMAK (1844) an den rothen Blutzellen der

Fig. 6.



Blutkörperchen in der Entwicklung.

Fig. 7.



Drei Eier von *Ascaris nigroviridis*, 1. aus dem zweiten, 2. aus dem dritten und 3. aus dem fünften Stadium der Furchung mit 2, 4 und 16 Furchungskugeln; a) äussere Eihülle, b) Furchungskugeln. In 1 enthält der Kern der untern Kugel zwei Nucleoli, in 2 die unterste Kugel zwei Nuclei.

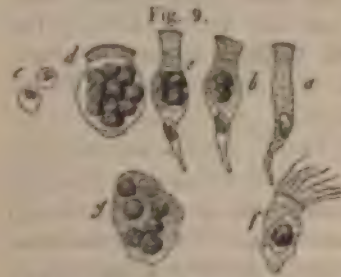
Embryonen beobachtet. Man findet die rothen, kernhaltigen Blutzellen bei Embryonen von Vögeln, Säugethieren und vom Menschen in allen Stadien der Kerntheilung und des Zerfalles, mit 1—2—4 Kernen und mehr oder weniger eingeschnürt bis zur gänzlichen Trennung in anfangs noch sehr nahe an einander liegende Zellen. KÖLLIKER, der REMAK'S Entdeckung bestätigte, konnte die Zelltheilung noch an den Elementen der Milzbläschen, Milzpulpe, den Lymphdrüsen, den Markzellen der wachsenden Knochen etc. nachweisen. Manchmal gestaltet sich der Vorgang etwas anders und man beschreibt ihn dann als eine Knospen- oder Sprossenbildung. Auch hierbei geht die Theilung von dem Zellkerne aus. Es entstehen zuerst an Stelle des einfachen Kernes mehrere, und diese legen sich an verschiedenen Stellen der Zellenwandung an, wodurch diese an den Anlagerungsstellen anfänglich knopfförmig ausgebuchtet wird. Diese Abschnürungen wachsen und trennen sich mehr und mehr von der Mutterzelle ab; die Verbindung mit letzterer wird stielförmig ausgezogen, bis sich endlich die neuentstandene Tochterzelle mit von der Mutterzelle abgelöst hat (Fig. 8.).

Fig. 8.



Vermehrung der Zellen durch Sprossenbildung. Eiertraube von *Gardius* (nach MEISNER).

Die zweite Art der Zellentstehung wird nach Kölliker die *endo-* Zelltheilung genannt. Er rechnet hierher die Fälle, in denen die Vermehrung der Zellen innerhalb der Zellmembran der Mutterzelle vor sich geht. Hierher gehört vor-



Die Bildung von Eiterkörperchen im Innern von Epithelzellen aus dem menschlichen und Säugethier-Körper. a Einfache Cylinderepithelzelle der Gallengänge vom Menschen; b eine solche mit 2 Eiterzellen, c mit 4 und d mit vielen dieser Inhaltzellen; e die letzteren isolirt; f eine Flimmerepithelzelle aus den menschlichen Athmungsorganen mit einem und g eine Plattenepithelzelle aus der menschlichen Harnblase mit reichlichen Eiterkörperchen.

Eientwicklung wird als Furchung bezeichnet, die aus der Furchung hervorgehenden Zellen als Furchungskugeln oder Furchungszellen. Man



Theilung des Säugethiereis, halbschematisch. 1. Die Dottermasse in zwei, 2 in vier Kugeln (Zellen) mit Kernen zerfallen. Bei 3 eine grosse Zahl gekörnter Kugeln. 4. a b. Einzelne Kugeln.

Zellen zerfallen, welche zu einem maulbeerförmigen Körper zusammengeordnet sind. Aus einem Theile dieser Zellen baut sich in der Folge der Embryonalentwicklung der Embryo auf. Die Furchungszellen theilen und vermehren sich dabei fort und for-

der Zellen innerhalb der Zellmembran der Mutterzelle vor sich geht. Hierher gehört vor allem die Furchung und die Vermehrung der Keimzellen, ausserdem noch eine Anzahl pathologischer Vorgänge, bei denen sich aus einer Mutterzelle eine Brut neuer Zellen entwickeln kann, was einen ganz anderen Charakter erkennen lässt als die Mutterzelle. Die letzteren Beobachtungen beziehen sich vor allem auf die Bildung von Eiterkörperchen im Zellinhalte der verschiedensten Zellen bei entzündlichen Zuständen (Fig. 9.). Wahrscheinlich, dass auch diese Zellbildung auf Zellkerntheilung beruht, wie die beiden angeführten physiologischen Zellbildungen, wenn wir an eine Einwanderung der Eiterkörperchen in jene Zellen denken wollen.

Es ist das Säugethiereis das geeignetste Object, um an ihm die Zellvermehrung durch Zelltheilung zu studiren. Der Vorgang dieser pri-

marialen Theilung wird als Furchung bezeichnet. Man entfernt zuerst von der Zona pellucida die Eizelle, indem man sie etwas zurückweichen lässt, das Innere der Eizelle bläschenförmig verschwindet, und es tritt ein neuer, ebenfalls bläschenförmiger Kern auf. Sodann theilt sich dieser Kern in zwei Theile. Um jedes dieser entstandenen Centren gruppirt sich ein Theil des Protoplasmas zu einer kleinen kugelförmigen Masse. Indem die Kerne dieser entstandenen Furchungskugeln sich theilen und wieder theilen und zu Aufhängepunkten für den Eizellinhalt werden, entstehen zuerst vier, dann acht, dann sechzehn und sofort immer kleiner werdende Furchungskugeln (Fig. 10.). Diese lassen anfangs keine eigene Zellmembran erkennen. Erst später erhärtet ihr heller Inhalt zu einer hautartigen Hülle. Zuletzt bildet sich der ganze Inhalt der Eizelle zu einer Brut kleiner, kugelig, starkglänzender Zellen.



schliessen sich in verschiedener Weise zusammen, wobei sich Gestalt und Inhalt auf das mannigfachste verändern.

Zur vergleichenden Physiologie. — Bei den Pflanzen hat man mit grosser Gewissheit die Entstehung der Zellen verfolgen können. Da bei dem genaueren Studium der physiologischen Vorgänge die Pflanzen- und Thierzelle immer mehr Analogieen erkennen lassen, so ist es interessant, die bei der Neubildung der Pflanzenzellen gewonnenen Resultate mit der für die Thierzelle festgestellten zu vergleichen. Nach J. SACHS beginnt die Entstehung einer neuen Pflanzenzelle immer mit der Neugestaltung eines Protoplastmakörpers um ein neues Bildungszentrum, das Material dazu wird immer von schon vorhandenem Protoplasma geliefert, der neu constituirte Protoplastmakörper umkleidet sich eher oder später mit einer Zellhaut. Diese allgemeinen, der Neubildung aller Pflanzenzellen zukommenden Vorgänge stimmen, wie wir sehen, genau mit den oben beschriebenen Vorgängen der thierischen Zellbildung überein. Im Speciellen werden dann von J. SACHS für die pflanzliche Zellbildung drei Haupttypen aufgestellt: 1) die Erneuerung oder Verjüngung einer Zelle, d. h. die Bildung einer neuen Zelle aus dem gesammten Protoplasma einer schon vorhandenen Zelle, 2) die Conjugation oder die Verschmelzung von zwei oder mehr Protoplastmakörpern zur Bildung einer Zelle, 3) die Vermehrung einer Zelle durch Erzeugung von zwei oder mehr Protoplastmakörpern aus einem.

Jeder dieser Typen zeigt mannigfaltige Abänderungen und Uebergänge zu den andern. In dem dritten Typus, der Vermehrung der Zelle, sind zunächst zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem zur Bildung der neuen Zellen nur ein Theil des Protoplastmas der Mutterzelle verwendet wird (freie Zellbildung) oder die Gesamtmasse desselben in die Tochterzellen übergeht (Theilung). Dieser letztere bei weitem häufigste Vorgang zeigt nun wieder eine Reihe von Verschiedenheiten: z. B. ob schon während der Theilung oder erst nach ihrer Vollendung Zellhaut ausgeschieden wird.

Diese Eintheilung ist eine sehr vollkommene, und wir können sie fast ganz auf die Vorgänge der thierischen Zellneubildung übertragen.

Die Eintheilung KÖLLIKER's, die wir oben gaben, in einfache und endogene Zelltheilung beziehen sich auf den dritten Typus von SACHS. Auch bei der thierischen Zelle finden wir bei ihrer Vermehrung die für die pflanzliche Zelle in dieser Hinsicht aufgestellten Unterschiede: Zelltheilung mit ihren beiden Modificationen. Bei der einfachen Zelltheilung KÖLLIKER's sehen wir die Gesamtzelle mit ihren oberflächlichen Schichten (Zellmembran) betheiligt. Wie bei den Pflanzen so beruht auch bei den animalen Organismen die Ausbildung des Gesamt-Körpers, des Zellgewebes, zunächst auf dieser Zelltheilung, was der häufigste Vorgang in beiden Naturreichen. KÖLLIKER's endogene Zellbildung umfasst die weiteren Modificationen des dritten Typus. Wie bei den Pflanzen, so kommen auch bei den Thieren diese betreffenden Vermehrungs-Vorgänge meist im Zusammenhange mit dem sexuellen Leben zur Erscheinung.

SACHS' freie Zellbildung entspricht der partiellen Einfurchung bei Fischen und Cephalopoden, wie sie von RUSCONI, VOGT und KÖLLIKER zuerst beschrieben wurde. Hier betheiligt sich zuerst auch nur ein kleiner Abschnitt des Eiprotoplastmas an der Neubildung der aus dem Ei entstehenden Furchungszellen. So «furcht sich» bei den Tintenfischen nach KÖLLIKER von dem Protoplasma des ovalen Eies nur eine ganz kleine Stelle in der Nähe des spitzen Endes. Dass die Furchungszellen oder Furchungskugeln zunächst noch keine Zellmembran erkennen lassen und eine solche erst später erhalten, hat schon Erwähnung gefunden. Bei der Furchung anderer Eier, z. B. des Säugethieres ist die Verwendung des Protoplastmas der sich vermehrenden Zelle eine totale und zwar ohne Betheiligung der Eizellhülle an dieser Theilung.

SACHS' zweiter Typus der Zellbildung, die Conjugation oder Verschmelzung von zwei oder mehr Protoplastmakörpern zur Bildung einer neuen Zelle, ist bei den Pflanzen in ihrer typischen Form, wobei das gesammte Protoplasma zweier in Grösse nicht verschiedenen Zellen sich zu einem neuen Protoplastmakörper vereinigt, auf einzelne Gruppen der Algen

und Pilze (Conjugaten) zum Zwecke der Fortpflanzung beschränkt, doch kommen bei geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen ganz analoge Erscheinungen vor, und bei diesen nur die Grösse der sich zu einer neuen Zelle vereinigenden Protoplasmaaggregate verschieden ist. Die kleinen männlichen, beweglichen Befruchtungskörper oder Spermatozoiden der Kryptogamen sind nackte Protoplasmaaggregate, denen man den Werth der Primordialzelle zuerkennt; im weiblichen Organ dieser Pflanzen findet sich eine Zelle, die sich nach aussen öffnet; sie enthält einen Protoplasmakörper, der durch die Spermatozoen befruchtet wird. In sicher beobachteten Fällen (Oedogonium, Vaucheria) verschmelzen diese mit jenen, worauf erst die Neubildung einer Zelle erfolgt. Stets ist die durch Verschmelzung entstandene Zelle eine Fortpflanzungszelle, mit ihr beginnt die Entwicklung eines neuen Individuums.

Der gleiche Vorgang, wie er eben für die Kryptogamen beschrieben wurde, findet sich bei der Befruchtung der Eizelle der Thiere. Auch hier entsteht eine neue Zelle, welche zu einem neuen animalen Individuum sich entwickeln kann, durch die Verschmelzung heterogener Protoplasmakörper, von denen sich der eine, das Spermatozoid, oder mehrere derselben, da sie hier wie dort in grösserer Zahl eindringen können, in dem Protoplasma der weiblichen Zelle auflösen.

Während wir für den zweiten und dritten Typus der Zellbildung klare Beispiele aus der Thierreihe haben, sind solche für den ersten Sachs'schen Typus, die Erneuerung oder Verjüngung einer Zelle, wie sie sich z. B. bei der Bildung der Schwarmsporen bei Oedogonium finden, bei animalen Organismen noch kaum aufgefunden. Bei der Verjüngung bildet sich Material, soweit ersichtlich, dasselbe, es findet aber eine neue Anordnung desselben statt, was bei jeder Zellenbildung das entscheidende Moment ist. Die geloste reife Eizelle z. B. der Wirbelthiere zeigt vor dem Beginn ihres Vermehrungsprocesses, und zwar auch in vorausgegangene Befruchtung (OLLACHEN), eine derartige Erneuerung und Neuordnung des Protoplasmas, indem sich das Keimbläschen in das Protoplasma auflöst. Vor der Furchung bildet sich dann ein neuer Kern, diese Eizellen unterwerfen sich also zum Zweck der Neubildung von Zellen zunächst einem Verjüngungsprocess. Bei der ungeschlechtlichen Zeugung mag dieser Vorgang der Erneuerung für die Bildung eines neuen Organismus genügen. Bei der geschlechtlichen Zeugung kommt zu der Verjüngung der Eizelle noch der Vorgang der Conjugation oder Copulation differenter Protoplasmakörper hinzu, wodurch schon durch die Verjüngung angeregte Entwicklungsfähigkeit der Eizelle nun eine für die Bildung eines neuen Organismus ausreichende Intensität erlangt. Auch das unbefruchtete Ei macht die ersten Stadien der Entwicklung (Furchung) in regelmässiger Weise durch, woraus sich der hohe Werth der Verjüngung für die Entwicklung der Eizelle ergibt.

### Umbildung der Zellformen.

Anfangs sind die aus der Furchung hervorgegangenen Zellen, dem Eie, welchen sie entstanden sind, fast vollkommen analog.

Sie stellen wie das Ei Bläschen dar mit einer zarten Membran mit feinkörnigem Protoplasma und meist bläschenförmigem Kerne, in welchem sich ein oder mehrere Kernkörperchen erkennen lassen. Der Hauptunterschied von dem Eie besteht in ihrer mikroskopischen Kleinheit und in einem in den einzelnen Zellen in verschiedenen Richtungen sich aussprechenden individuellen Leben, welches in ihnen nach Gestalt und Inhalt Veränderungen hervorruft, die später ihre Analogie mit der Eizelle fast vollkommen verwischen können.

Schon in Beziehung auf ihre Grösse zeigen in der Folge die den ausgebildeten thierischen und menschlichen Organismus zusammensetzenden Zellen manche Verschiedenheiten. Während viele junge Zellen, die Blutzellen etc., nur

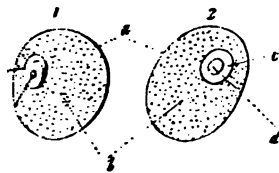


isse von  $0,002—0,003'''$  erreichen, zeigen andere wie die Cysten des Samens und die Ganglienkugeln eine Grösse von  $0,02—0,04'''$ .

In den meisten Fällen, in denen sich eine Gruppe von Zellen zu einem compacten Organismus vereinigt, verlieren sie ihre ursprüngliche, rundliche Gestalt und nehmen — in vielen Fällen genügt dazu schon der Druck, welchen sie gegenseitig auf einander durch die Aneinanderlagerung ausüben — mannigfach verschiedene Formen an, an welchen Veränderungen auch der Zelleninhalt in den verschiedensten Modificationen theilnehmen kann.

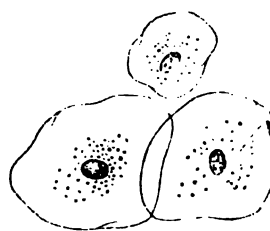
Neben den rundlichen Gestalten der Zelle zeigen sich ovale, cylindrische, zelförmige, stark in die Länge gestreckte mit fein zugespitzten Enden. Andere scheinen durch einen von allen Seiten gleichmässig auf sie ausgeübten Druck in eukrystallinischen Formen meist als ziemlich regelmässige Sechsecke. Andere verlängern einen Theil ihrer Hüllmembran zu einem oder einer ganzen Anzahl fadenartigen Wimperfortsätzen, welche, solange das Leben der Zelle besteht, eine fortwährende, schwingende Bewegung: Flimmerbewegung zeigen. (Fig. 41—45.). Andere sind von ganz unregelmässiger Gestalt.

Fig. 41.



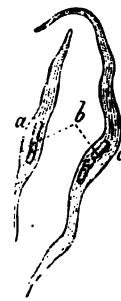
Kuglige Zellen.  
a. Zellmembran b. Zelleninhalt  
c. Kern d. Kernkörperchen.

Fig. 42.



Ganz flache schuppenartige Epithelialzellen aus der Mundhöhle des Menschen.

Fig. 43.



Zwei Zellen der unwillkürlichen Musculatur aa; bei b die stabchenartigen Kerne.

Fig. 44.



Leberzellen des Menschen.  
a. mit einem, b. mit zwei Kernen.

Fig. 45.



Flimmerzellen des Säugethiere. a—d Zellenkörper mit den Flimmerhaaren.

An den eben besprochenen Formumwandlungen der Zelle theiligt sich auch der Kern in mannigfacher Weise. Er kann aus seiner rundlichen Form in die ovale und stabförmige übergehen, bei Insecten kommen sogar Verästelungen des Kernes vor. Manchmal findet sich eine Vermehrung

des Zellkernes, ohne dass sich die Zelle theilt, wie bei gewissen Zellen im Knochenmark und in den quergestreiften Muskelfasern, im Gewebe des Nabelstrangs (Fig. 47.). Auch das Kernkörperchen kann sich an der Umwandlung theiligen. Es können Hohlräume in ihm auftreten, es kann eine längliche Gestalt erhalten.

Der Zelleninhalt, das Protoplasma, kann sich in Beziehung auf seine Formelemente ebenfalls sehr mannigfach umgestalten. Es zeigt sich mehr oder

weniger körnerreich, diese Körner haben sehr verschiedenes Aussehen, ferernte Dignität; sie stehen manchmal vollkommen regelmässig angeordnet, kommen in manchen Fällen selbst bestimmtere, regelmässigere Gestalt. / treten sogar vollkommen krystallinische Formen, wahre Krystalle an, bilden sich Bläschen in dem Zelleninhalte, so im Dotter der Vögel, die chen in sehr vielen Zellen.

Eine andere Art der Umwandlung der Zelle besteht darin, dass ein Protaplasmas an den Grenzen der eigentlichen Zelle sich eigenthümlich, so dass diese mit einem Hofe morphologisch mehr oder weniger um

Fig. 16.

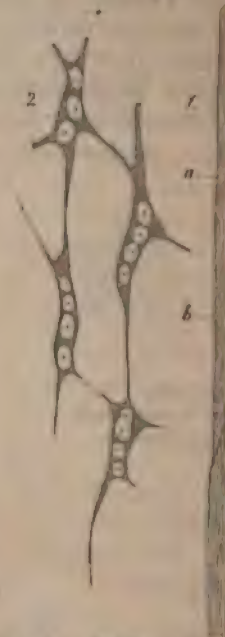


Knorpelzellen aus der weissen Schicht der Cart. cricoides, 350mal vergr. Vom Menschen.

Masse sich umgibt. Die Quantität dieser Zwischenzellenmasse oder Intercellularsubstanz ist in verschiedenen Fällen sehr verschieden. Manchmal ist sie so gering, dass nur die Zellmembran, wo eine solche vorhanden ist, um etwas verdickt erscheint, oder es dient die ausgeschiedene Masse zur Verklebung der Zellen unter einander, als Kittsubstanz. In anderen Fällen können die Intercellularmassen so sehr zunehmen, dass die eigentlichen Zellen dadurch weit aus einander gerückt erscheinen (Fig. 16.)<sup>1)</sup>.

Da alle intensiveren Bewegungen des Lebens nur in dem halbflüssigen Protoplasma der Zelle selbst vor sich gehen, so ist es selbstverständlich, dass die mehr oder weniger erhärtete Zwischenmaterie nur einen geringen Antheil an den organischen Vorgängen nehmen würde, wenn sie nicht in der Mehrzahl der Fälle nach einem neuen Principe näher in den Kreis der Stoffbewegung innerhalb der eingezogen würde. Wir sehen meist die ganze Zwischenzellenmas

Fig. 17.

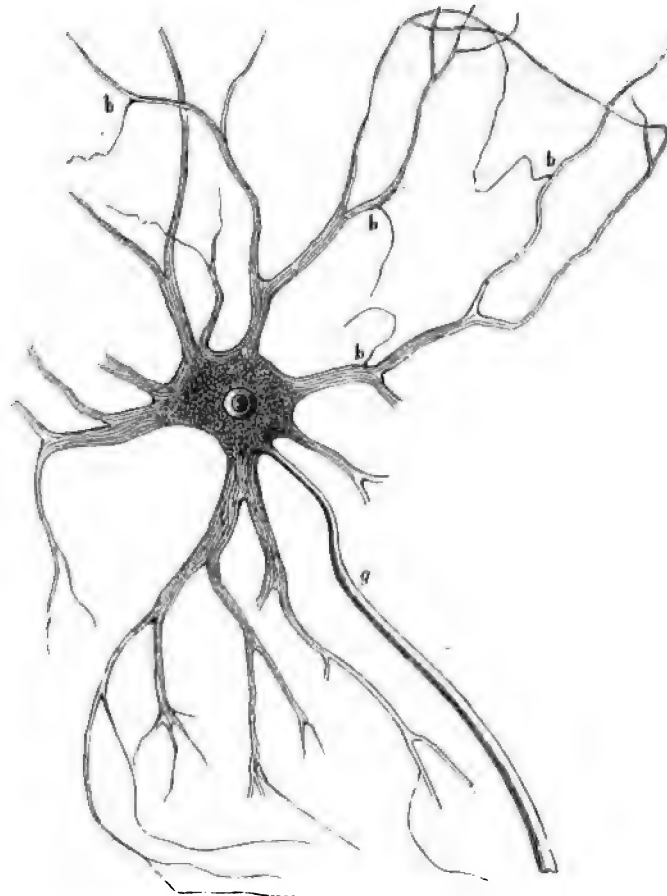


Aus dem Nabelstrange eines Schafembryo, 350mal vergr. Stückchen mit fibrillärer Zustanz und zusammenhängender spindelförmigen Rindenschicht. 2. Von einem Theile, der stoffige Zwischensubstanz und spindelförmige Zellen enthält. Die beiden Fällen fast alle mit Kernen.

<sup>1)</sup> Nach M. SCHULTZE und BEALE ist die Intercellularsubstanz nicht, wie man angenommen, ein erhärteter Erguss zwischen die Zellen, sondern sie geht von A fort aus dem Protoplasma hervor. Nachdem die Grenzpartien der Zellen sich haben, bleibt oft nur eine dünne Protoplasmaschicht mit dem Kern in der Zwischen als eigentliche Zelle übrig.

en von einem Netze feiner Hohlräume, in welche die in die Inter-cellular-stanz eingelagerten Zellen nach den verschiedenen Seiten ihrer Oberfläche Fortsätze aussenden, welche oft nach vorausgegangener mannigfaltiger Verzweigung die umliegenden Nachbarzellen unter einander in Verbindung bringen. Verfolgt dieser »Saftcanäle« findet ein Verkehr zwischen dem Inhalte der verschiedenen Zellen statt, und sie ermöglichen es vorzugsweise, dass jede Zelle den sie umgebenden Hof von Inter-cellulärmasse, ihr Zellenterritorium (VIRCHOW), dem nöthigen Nahrungsmateriale versorgt und sein Leben, das an den normalen Bestand seiner Zelle geknüpft ist, erhält. Wir sehen in der directen Communication der Zellen unter einander ein Aufgeben der geschlossenen Individualität. Manchmal sehen wir die Zellen nur durch wenige, oder nur sparsam verästelte, kleinere Zweige in Verbindung stehen (Fig. 17.). In andern dagegen, z. B. den Nervenzellen, sehen wir die relative Masse der Zellfortläufer oder Zellenfortsätze, welchen freilich z. Th. noch eine andere Structur

Fig. 48.



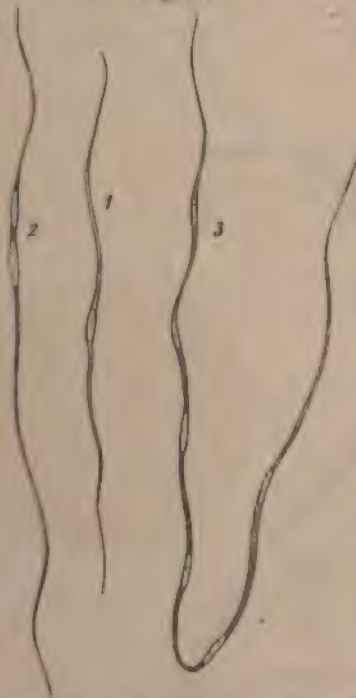
Centrale Nervenzelle (nach DEITERS).

*a* Die aus der Zelle entspringende Nervenfasern, *b* Protoplasmafortsätze.

und Bedeutung zukommt als den oben erwähnten Zellverästelungen, die als auch verschiedene Zellen derselben Art unter einander verbinden, die Zelle bedeutend überwiegen, dass letztere nur als eine rundliche, kernhaltige Anschwellung der Fortsätze erscheint (Fig. 18.).

Alle mit einander durch Ausläufer in Verbindung gesetzte Zellen üben selbstverständlich auf einander gegenseitig einen innigen Einfluss aus, wodurch, wie gesagt, die Zellindividualität mehr weniger beeinträchtigt wird. So geht z. B. aus den Beobachtungen Courvoisier's das Aufgeben der Einzelindividualität der Zellen bei Nervenzellen so weit, dass eine Trennung des Zellenzusammenhangs, welcher durch die Zellenausläufer — Commissurenfäden — hergestellt wird mit dem Absterben der abhängigen Zelle verbunden ist. In einem derartigen Abhängigkeitsverhältniss stehen die Ganglienzellen des Sympathicus von den Ganglienzellen des Rückenmarks; diese letzteren sind das »Nutritionscentrum« für die mit ihnen verbundenen sympathischen Zellen, sie leiten ihnen nicht nur Erregungszustände zu, sondern beeinflussen direct die chemischen Vorgänge in ihnen. Wenn sich diese Beobachtung bestätigt, so ist sie uns ein Fingerzeig, wie weit über die Zellgrenzen hinaus die Zellterritorien sich erstrecken können, wie weit entlegenen Punkten wir unter Umständen den Anstoss zu einer schonbar originellen Thätigkeit bei abhängigen Zellen zu suchen haben, den wir in selbständig gebliebenen Zellen, in ihnen selbst finden.

Fig. 19.



Muskelfasern von einem zweimonatlichen menschlichen Embryo. 1, 2. Von Fötus mit 1 und 2 Kernen. 3. Von Unterschenkel mit 6 Kernen. 350mal verg.

Fig. 20.



1. Quergestreifter Muskelfaden mit Zerspaltung in Primitivfibrillen a, deutlicher Quergestreifung b und Längsrichtung bei c; d Kerne. 2. ein Muskelfaden b, bei a durchrissen mit stellenweise leer hervortretender Scheide.



Die Zellenmetamorphose und das Aufgeben des Einzellebens der Zellen bleibt wahrscheinlich bei den bisher beschriebenen Umbildungen der Zellform nicht stehen. Die Veränderung kann soweit gehen, dass die Zellkörper selbst, nicht nur ihre Fortsätze, unter einander verwachsen zu faserigen oder netzförmigen Zügen, dass die einzelnen Zellen ihre Individualität fast vollkommen zu Gunsten einer grösseren Gemeinschaft aufgeben, zur Erreichung weitergreifender Wirkungen als sie die einzelne Zelle in ihrer Isolirtheit hervorbringen konnte. So nahm man früher allgemein an, dass bei dem quergestreiften Muskelgewebe durch Aneinanderlegung in die Länge ausgezogener Zellen und Durchbrechen der Scheidewände an den Anlagerungsstellen (Fig. 49) cylindrische, langgestreckte Formen entstehen, in denen nur noch die an der früher geschlossenen Membran ansitzenden Kerne die ehemalige Abgeschlossenheit der Individuen zu erkennen geben (Fig. 20.). Neuerdings hat man diese Muskelfasern für sehr in die Länge gestreckte einfache Zellen erklärt, bei denen nur eine Verschmelzung der Zellkerne eingetreten ist. Für die Bildung der kernhaltigen Hülle der Nervenfasern wird eine Verschmelzung von peripherischen Zellen mit dem aus der Ganglienzelle hervorstwachsenden Axencylinder von KOLLIKER für wahrscheinlich gehalten (cf. Herzmuskulatur).

### Entstehung der Gewebe.

Das endliche Resultat der Zellenmetamorphose ist die Bildung der Gewebe, aus denen wir die einzelnen Organe des Körpers zusammengesetzt finden.

Die Gewebsbildung hat ihren ersten Anfang schon in den frühesten Entwicklungsstadien des Eies.

Wir haben den Zerfall des Dotters in eine grosse Anzahl kleiner, rundlicher Furchungskugeln kennen gelernt, die anfänglich einen maulbeerförmigen Körper darstellten. Die Weiterentwicklung des Eies schreitet nun, sobald das gefurchte Ei in den Uterus gelangt ist, in der Art fort, dass diese neuentstandenen Bausteine des späteren Embryo sich in wahre Zellen umwandeln und zur Bildung der einschichtigen Blase sich zusammenschliessen. Die Dotteroberfläche gewinnt erst nach vollständiger Furchung wieder ein fast homogenes Ansehen, die Furchungszellen sind so klein und besitzen nur so zarte Contouren, dass sie kaum mehr in ihrer Trennung wahrgenommen werden können. Später verschwindet dieses homogene Aussehen wieder und die Dotteroberfläche zeigt eine Mosaik fünf- und sechseckiger, festverbundener, gegen einander abgeplatteter, ringsum in die Zona pellucida angedrückter, kernhaltiger Zellen (Fig. 21.) Die innere Hölle des Eies ist von Flüssigkeit erfüllt. Nicht alle aus dem Furchungsprocesse hervorgegangenen Zellen werden zur Bildung dieser Blase verwendet, welche später vorzüglich als Schutzorgan des Embryo zu dienen hat. An einer Stelle der neugebildeten Blase zeigt sich eine halbkugelig vorspringende Verdickung, welche aus einer Anhäufung von Furchungskugeln besteht, welche nicht zur Bildung der Blase verwendet wurden. Die aus den verschmolzenen Furchungszellen hervorgegangene Blase trägt den Namen Keimblase, die Anhäufung der übriggebliebenen Furchungskugeln, die noch nicht in Zellen umgewandelt sind, stellt wohl die erste Anlage des

Fig. 21.



Kaninchenei aus dem Uterus, von circa 0,001 Par. Zell Grösse, das innerhalb der Zona pellucida die einschichtige Keimblase und im Innern derselben einen Rest nicht verbrauchbarer Furchungskugeln zeigt. Nach BISCHOFF.

Fruchthofes, der späteren Baustätte des Embryo dar. In der eben beschriebenen Beschaffenheit bleibt das Eichen zunächst und wächst nur rasch durch Vergrösserung der Keimblase, wodurch die Zona immer mehr und mehr zu einer ganz feinen Hülle verdünnt wird.

Hat das Ei eine bestimmte Grösse erreicht — das Kaninchenei  $\frac{3}{4}$  mm —, so beginnt eine Veränderung in ihm vorzugehen, welche schliesslich zur Ausbildung dre verschiedener Gewebe des thierischen Organismus führt. Man bemerkt zunächst an der Keimblase einen rundlichen Fleck, der sich von der übrigen durchsichtigen Membran durch seine weissliche Farbe auszeichnet. Dieser Punkt wird als Fruchthof, *area germinativa*, bezeichnet. Er ist der Ort, wo sich der Embryo im Verlaufe bildet. Nun spaltet sich die Keimblase von dem Fruchthof aus in zwei Schichten, zu denen später noch eine dritte hinzukommt, so dass man dann eine Scheidung in drei Keimblätter vor sich sieht. Das Kaninchenei erscheint, zu dieser Zeit frisch aus dem Uterus genommen, als ein rundes hyalines Bläschen, welches durch Zusatz von Wasser als ein Doppelbläschen sich ausweilt, indem sich die verdünnte Zona von der Keimblase abhebt. An der Keimblase zeigt sich der Fruchthof schon für das blosse Auge als ein dunkelerer Punkt sichtbar. Die mikroskopische Betrachtung zeigt die vorhin scharfen Contouren der einzelnen die Keimblase zusammensetzenden Zellen etwas verwischt. Von den Fruchthofen aus schreitet die Trennung in zwei Blätter immer weiter über die ganze Keimblase fort, so dass diese endlich ganz aus zwei an einander liegenden Schichten besteht. Später bildet sich zwischen diesen beiden Keimblättern auch das dritte. Nach den Untersuchungen von PANDER, BAR und BISCHOFF, dem wir

Fig. 22.



Kaninchenei aus dem Uterus von 1 1/2 mm Durchmesser, a Zona pellucida, b Keimblase, c Fruchthof, d Stelle, wo die Keimblase schon doppelschichtig ist.

vor Allen die Geschichte der ersten Entwicklung des Säugethiereies verdanken, werden diese Keimblätter das äussere als animales, das innere als vegetatives Blatt unterschieden. Das dritte, später auftretende Blatt wird als Gefässblatt bezeichnet. Aus dem animalen Blatte bilden sich in der Folge die Gewebe, welche die eigentlich thierischen Thätigkeiten, die Bewegung und Empfindung vermitteln; aus der vegetativen Schichte bilden sich vorzugsweise die Organe, welche den Functionen der Ernährung, Stoffaufnahme und Abgabe zu dienen haben, die Drüsengewebe. Aus dem Gefässblatte entstehen die Kreislaufsorgane (Fig. 22.).

Das innerste, vegetative Blatt (= Darmdrüsenblatt) bildet eine ganz geschlossene einschichtige Bahn, das mittlere Keimblatt reicht nur so weit als der Fruchthof. Während das innere Blatt aus der innersten Zellschicht der Keimblase und den untersten Zellen in der Gegend des Fruchthofes besteht, entsteht das mittlere Blatt aus der inneren Schichte der Keimblase. Das äussere Keimblatt wird aus der äusseren Zellenlage der Keimblase und des Fruchthofes gebildet, es besitzt zur Zeit des Auftretens des Fruchthofes an in dem Bereiche desselben eine Verdickung.

So sehen wir denn schon in der frühesten Anlage des Embryo eine indivi-



Die Entwicklung der Zellen eintreten, welche zu einer Gruppierung nach verschiedenen Hauptthätigkeitsrichtungen und zur Gewebsbildung führt. Es ist in jener Zeit an der Blatterbildung Manches anders gedeutet worden, zunächst von **MAK** und **REICHERT**. Ein eigenes Gefässblatt wird von diesen nicht angenommen. Das obere Keimblatt wird als Hornblatt oder Sinnesblatt bezeichnet und die Bildung des Centralnervensystems und aller Sinnesorgane mit der Oberhaut beschrieben; das mittlere führt den Namen mittleres oder motorisch-terminatives Blatt, da aus ihm sich die Organe der willkürlichen und unwillkürlichen Bewegung, die Knochen und Muskeln, sowie die Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung und einige Blutdrüsen entwickeln. Dem dritten innersten bleibt die Bildung der Drüsen und der Schleimhautüberzüge der inneren Organe: es wird als Darmdrüsenblatt bezeichnet. Das Nähere wird in der Folge beigebracht werden.

Es ist unmöglich, sich eine Anschauung von den Kräften zu bilden, welche anfanglich in ihrer Form und in ihren Eigenschaften vollkommen gleichartig erscheinenden Furchungszellen nun in diese Hauptgruppen spalten, welche sich wohl in Gestalt als in physiologischer Bedeutung in der weiteren Folge so ganz verschieden verhalten. Wodurch den Zellen ihre spezifische Bewegungsrichtung aufgedrückt wird, welche die eine zur Drüsenzelle, die andere zur Muskelzelle gestaltet, ist in vollkommenes Dunkel gehüllt; wir müssen uns mit der Absichtung, dass diese Trennung in die früheste Entwicklungsperiode des Organismus fällt, begnügen.

Wir theilen nach den Gesichtspuncten, welche uns die Entwicklungsgeichte liefert (**LEYDIG**), auch im fertiggebliebenen Organismus die Gewebe ein in zwei Hauptgruppen vegetative und animale, von denen die letztere nach den beiden animalen Hauptfunctionen in Nerven- und Muskelgewebe zerfällt. Zu diesen drei Gewebsgruppen kommt noch eine vierte, welche dem ganzen Organismus seine Skeletstütze, den einzelnen Geweben das Verbindungsmaterial liefert und danach mit dem Namen Gewebe der Bindesubstanzen belegt wird.

### Gewebe der Bindesubstanz.

Wenden wir zuerst unseren Blick etwas eingehender auf die Formverhältnisse der Gewebe der Bindesubstanz. Wir treffen hier auf eine grosse Mannigfaltigkeit der Bildungen. Der thierische und menschliche Leib besteht zum grossen Theile aus den Geweben dieser Gruppe. Sie bilden die Grundlage aller Haut, das Gestell der Drüsen, und verleihen dem ganzen Körper Halt und Zusammenhang, indem sie unter einander in ununterbrochener, vollkommener Verbindung stehen. Trotz der Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften, welche sie zwischen den zarten Hautgebilden und den starren Knochen besteht, liegen die einzelnen Glieder dieser Gewebsgruppe doch eine unverkennbare Uebereinstimmung, die ihren gemeinsamen Ursprung, die Möglichkeit des Ueberganges des einen Gewebes in die Bildung eines der anderen dieser Gruppe, wie die Beobachtung lehrt, erklärlich macht. Sie sind alle aus Zellen zusammengesetzt, welche sich mit einer verschieden stark entwickelten Schicht von Intercellularsubstanz umgeben haben, wodurch ihre Protoplasmakörper mehr oder weniger

von einander getücht sind. In den meisten Fällen — mit Ausnahme des Knorpelgewebes bei dem Menschen — treten die Zellen durch Ausläufer mit einander in Verbindung. Die communicirenden, mit Protoplasma und Flüssigkeit gefüllten Räume, welche dadurch entstehen, scheinen als Analoga der Blut-Lymphgefässe mehr nur zur Erleichterung des Transportes von Flüssigkeiten zu dienen. Jede Zelle zieht aber den aus ihrem Protoplasma hervorgegangenen Theil der sie umlagernden Grundmasse als ihr Territorium in das Bereich ihrer Kräfte und versieht dasselbe mit ihren specifischen Lebenseigenschaften. sehen wir bei einem krankhaften Absterben einer solchen Bindegewebszelle nur ihr Territorium von Intercellularsubstanz mit in den Mortificationsprocess eingezogen (VIRCHOW).

Die Formen der Bindegewebszellen zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit. Sie gehen von der einfach rundlichen unverästelten Form, wie sie sich im menschlichen Knorpel zeigen (Fig. 16.), durch die Zwischenformen spitzauslaufender sternförmiger Zellen (Fig. 17), welche durch Ausläufer in Verbindung stehen in den weicheeren Gebilden des Bindegewebes zwischen den Muskeln, in den Knochen und in der Hauptmasse der Haut, in die vielästigen, zackigen Formen, welche das Leben innerhalb der Knochen und Hornhaut vermitteln (Fig. 23).

Fig. 23.

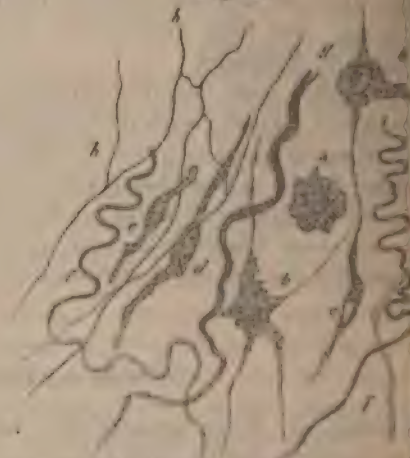


Knochenkörperchen (a, a') mit ihren zahlreichen Ausläufern, einmündend in den quer durchschnittenen HAVES'schen Canal (b).

Es ist fraglich, ob diese Zellgestalten nicht zum Theil bei der Untersuchung entstehende Kunstproducte sind. Die Zellen werden von der Grundmasse meist fast ganz verdeckt und werden gewöhnlich erst nach Anwendung verdünnter Essigsäure sichtbar. Sehr zartes Bindegewebe vom Frosch (z. B. zwischen

Schenkelmuskeln) erlaubt eine Untersuchung des lebenden Gewebes. Zellen erscheinen dann hülfenlos meist aus sehr zartem Protoplasma mit unlichem Kern. Die Zellen senden zahlreiche Fortsätze aus, von welchen lange mit Ausläufern anderer Zellen in Verbindung treten, die Mehrzahl ist und gibt dem Umfang der Zelle ein sternförmiges, gezacktes Aussehen. A

Fig. 24.



Ein Stückchen lebendes Bindegewebe des Frosches, aus dem Oberschenkelmuskeln herausgeschnitten (mit Vergrößerung): a Contrahirte blasse Zelle mit einem leeren Klümpchen im Innern; b strahlig ausgebreitetes Bindegewebskörperchen; c ein solches mit bläulichem Kern; d und e bewegungslose grobkörnige Zellen; f, g; p Bündel des Bindegewebes; elastisches Faser.



Zellen sind schärfer begrenzt mit bläschenförmigem Kern, manche zeigen gelbes Protoplasma und wurstartige Form. Mit Ausnahme dieser letzteren zeigen diese Zellen eine träge Contractilität; sie ändern ihre Form, aber treiben vor, verbinden sich mit denjenigen benachbarter Zellen und wieder (Künze). In anderen Fällen scheinen die Ausläufer constante (Fig. 24.), die Zellen durch präformirte Hohlbahnen in der Zwischen-Substanz mit einander in Verbindung.

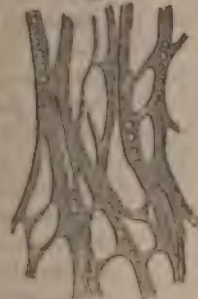
Nach morphologisch verschieden wie die Zellen zeigt sich auch die Interzellularsubstanz. Während sie bei den weichsten zur Bindegewebsgruppe zu rechnenden

Fig. 25.



Bindegewebe mit Fettzellen  
gebläht, 350mal vergr.

Fig. 26.



Elastisches Netz aus der  
Tunica media der Art. pul-  
monalis des Pferdes mit  
Löchern in den Fasern,  
350mal vergr.

Gebilden dem gallertigen Bindegewebe (bei dem erwachsenen Menschen nur im Glaskörper des Auges) eine gallertige, schleimähnliche Beschaffenheit zeigt, die auf der Anwesenheit des Mucins oder eines verwandten Stoffes beruht, besitzt sie eine grosse Festigkeit und Elasticität bei denen die Muskeln und Drüsen verbindenden Häuten, noch mehr bei den Sehnen und Sehnenhäuten. Die Zwischen-Substanz zeigt in den letztge-

nannten Fällen ein spezifisches Aussehen, es scheinen wellenförmig, lockig gekrümmte feine Fasern die Grundmasse zu bilden, wonach man diese Gewebe als lockiges Bindegewebe bezeichnet (Fig. 25.). Diese Interzellularmasse erfährt in einzelnen Partien gewöhnlich eine eigenthümliche Härtung und Verdichtung entweder bloss an den Grenzschichten oder auch wohl als Streifen mitten durch das Ganze, wodurch sie eine Veränderung ihres Lichtbrechungsvermögens erfährt. Auf diese Weise veränderte Zwischen-Substanz trägt den Namen elastisches Gewebe, da es sich durch grosse Elasticität auszeichnet (Fig. 26.).

Wird sich die Härtung bloss auf die Grenzlagen, so entstehen dadurch die Glashäute, oder bei Besprechung des Drüsengewebes als »eigene Häute« der Drüsen, als Membranen wieder begegnen werden. Verdichten sich nur netzförmige Züge in der Substanz, so entstehen daraus die elastischen Spiralfasern, Fasernetze und Platten. Es geht auch eine chemische Umwandlung in der Grundsubstanz vor sich, welche das Gewebe weit resistenter gegen chemische Einwirkungen macht als die Grund-Substanz des lockigen Bindegewebes. Besteht der Inhalt der Bindegewebszellen aus Fett, so erhält das Gewebe den Namen Fettgewebe (Fig. 27.); füllen sich die Zellen mit dunklem Pigment, so erhalten sie den Namen »verzweigte oder sternförmige Pigmentzellen.«

Der Uebergang des lockigen Bindegewebes in elastisches Gewebe zeigt uns Mittel sich die Natur zur Erreichung höherer Festigkeit des stützenden Bindegewebes. Zur Herstellung des nicht nur sehr biegsamen und elastischen, sondern auch hohen Grad von Festigkeit besitzenden Gewebes des Knorpels findet sich eine

Fig. 37.



Unvollkommen mit Fett erfüllte Zellen. 1 Solche aus dem Unterhautzellgewebe einer abgemagerten menschlichen Leiche, die fettige Inhaltmasse verlierend; a mit einem grossen, b mit einem kleineren Fetttropfen; c und d mit sichtbarem Kerne; e eine Zelle mit getrennten Tropfen; f mit einem einzigen kleinen Tropfen; bei g fast fettfrei und bei h ohne Fett mit einem Tropfen eiweisartiger Substanz im Innern. 2 Zellen des Fettgewebes aus der Umgebung der Niere eines rehnährigen Schafembryo, sich mit Fett mehr und mehr erfüllend; a und b isolirte Zellen noch ohne Fett; c ein Haufen derselben; d—h Zellen mit steigender Einlagerung der fettigen Inhaltmasse.

Hintergrund gedrängt werden. Knorpelwunden heilen nur sehr schwer und langsam, auch noch durch den Mangel an Blutgefässen erklärlich wird.

Zur Bildung der eigentlich starren Gerüsttheile des menschlichen und thierischen Organismus ist ebenfalls das Bindegewebe verwendet, welches durch Einlagerung von Bestandtheilen — kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk — in die Zwischenzellen ein Baumaterial umgeschaffen wird, welches einen bedeutenden Grad von Festigkeit erreicht. Die Interzellularsubstanz des Knochens hat die geschichtete Beschaffenheit des gewöhnlichen Bindegewebes, die Lamellen sind in Folge der härteren und damit scheinbar Contouren gebenden Materialien noch klarer und markirter als bei jenem. Alle Spalten der Bindegewebssubstanz können ossificiren; es entsteht wahre Knochenstructur bei den ersten Skeletanlagen sowohl aus dem lockigen Bindegewebe als aus dem Knorpel. In denselben Fällen verkalken auch Theile der äusseren Haut, der Schleimhäute, der inneren Bindegewebssubstanz zwischen Muskeln und Drüsen. Man spricht von einem Inkrustation und einem wahren Verknöcherungsprocesse. Bei ersterem verbleiben die sich absetzenden Kalktheile selbständiger und stellen grössere Kalkkugeln und Kalkkrumen dar, bei letzterem verschmelzen sie mit der Zwischensubstanz morphologisch zu einer Masse. Inkrustation ist gewöhnlich das Vorläuferstadium der wahren Ossification und bildet

chemische Modification des Interzellularsubstanzes verwendet, welcher entweder aus den Zellen in grösserer oder geringerer Machtigkeit differenzirt ist oder eine Verdichtung und Härtung wie bei dem elastischen Gewebe erfährt. Doch sind die elastischen Fasern im Knorpel wenig massig als im lockigen Bindegewebe, verfilzt und haben ein weniger glanzendes körniges Aussehen; in chemischer Beziehung verhalten sie sich dem elastischen Bindegewebe analog. Man unterscheidet je nach Beschaffenheit und dem Aussehen der Grundsubstanz den hyalinen oder achten und den Fasernknorpel. Der hyaline Knorpel zeigt gegenüber dem gelben ein milchbläuliches, seltener ein gelbliches Aussehen, in manchen Fällen befindet sich zwischen den Zellen nur sehr wenig Grundsubstanz. In älterem Knorpelgewebe finden sich bei Lebensvorgängen, sodass selbst ziemlich wachsende krankhafte Neubildungen aus Knorpelmasse bestehen. In den Fällen, in welchen die Grundsubstanz überwiegt, sind die organischen Vorgänge im Knorpel sehr geringe. Die Zellen besitzen keinen Fortsätzer, die sie unter einander in Verbindung setzen, es ist der Stoffverkehr dadurch auf ein Minimum gedrückt, wodurch besonders die Wachstums- und Neubildungs-Erscheinungen sehr



den permanent. Bei der Ablagerung der Kalksalze in die Inter cellularsubstanz wandeln sich die zelligen Theile in die specifischen Knochenzellen oder Knochenkörperchen um. Bei der Ossification des lockigen Bindegewebes gehen die verästelten Bindegewebszellen oder Bindegewebskörperchen direct in die verästelten Knochenkörperchen über; bei der Verknöcherung des Hyalinknorpels beobachtet man, dass die Knorpelzellen während der Verkalkung sternförmig auswachsen und so ebenfalls zu verästelten Knochenkörperchen werden.

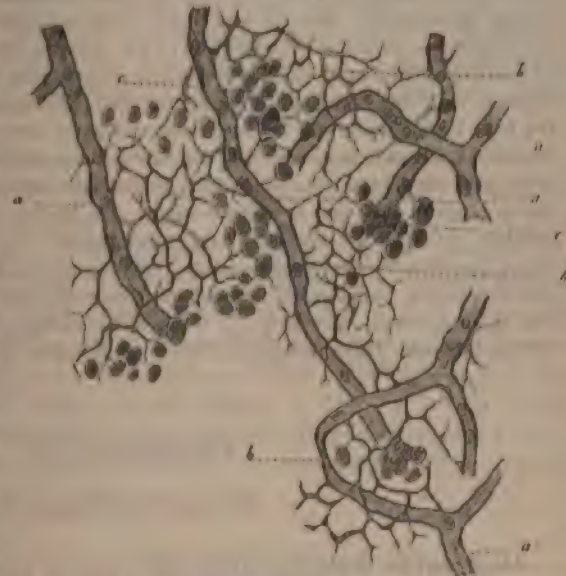
Die strahlenförmigen Ausläufer der Bindegewebszellen, welche die einzelnen Zellen unter einander in Verbindung setzen, bilden diese zu einem mehr weniger weitmaschigen Netzwerk um, in welchem die verschiedenen Zwischensubstanzen eingelagert sind. Eine ziemlich ausgedehnte Gewebsprobe zeigt uns diese Maschenräume zwischen den Zellen nicht erfüllt mit einer mehr weniger gleichartigen Inter cellularmasse, sondern mit einer Anzahl kleiner granulirter Zellen, welche mit den Elementen der Lymphe übereinstimmen. Man hat dieser verbreiteten

Gewebsform verschiedene Namen beigelegt: cytogene Binde substanz (KOLLIKER), albinoid Substanz (HIS), oder reticuläre Binde substanz (FABY). Diese Gewebsform bildet den Uebergang zu dem Drüsengewebe. Das bindegewebige Gerüste der Nervenschlundorgane sowie der nervösen Theile der Sinnesorgane hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dem reticulären Bindegewebe. Es findet seine nähere Beschreibung bei den betreffenden Organen, ebenso das Zahngewebe (Fig. 28.).

Die Binde substanz tritt überall ausschliesslich als Trägerin der Blut- und Lymphgefässe auf, ja die feinsten Lymphgefässe werden von jenen Netzen der Bindegewebskörperchen dargestellt. Nirgends existiren Capillargefässe als im Bereiche der Binde substanz; doch sind nicht alle Arten dieses Gewebes gleichmässig mit Gefässen durchsetzt, im Knorpel fehlen sie fast durchaus gänzlich. Bei niederen Thieren bewegt sich die Ernährungsflüssigkeit in Lacunen, aus Bindegewebe gebildet.

Die Entwicklungsgeschichte zeigt die Zusammengehörigkeit aller dieser so verschiedenartig erscheinenden Bildungen mit vollkommener Sicherheit. Die Binde substanz entwickelt sich in dem frühesten Fötalleben aus dem mittleren Keimblatte und aus einer gleichartigen Anlage, die aus zarten, rundlichen Zellen mit blaschenförmigem Kerne besteht, welche gedrängt in einer spärlichen, eiweissartigen Inter cellularmasse eingelagert sind (KOLLIKER), oder aus wandungslosen bis zur Verschmelzung genäherten Embryonalzellen (SCHULTZE), cf. Anmerkung zu S. 48. Bei den Formen der Binde substanz, bei welchen die Zellen in ihrer späteren Entwicklung sternförmige Gestalt annehmen, ist die beschriebene erste Erscheinungsform des Bindegewebes eine rasch vorübergehende. Bald sieht man

Fig. 28.



Retikuläre Binde substanz mit Lymphzellen aus dem FABY'schen Follikel des erwachsenen Kaninchens. a Haargefässe; b Netzerüste; x Lymphzellen (die meisten durch Auspinseln entfernt).

spindel- und sternförmige Zellen eingebettet in anschaulichere Mengen von Zwischenstufen. Von der gleichen Anlage aus bilden sich die Bindesubstanzen also in verschiedenem Ausmaße. Sie entstehen mehrere zusammengehörige und gleichlaufende Gewebsreihen, die sich in einander umbilden können.

Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass das Bindegewebe bei allen Thieren in derselben Weise auftritt wie bei dem Menschen. (Bei den Vögeln verknöchern Sehnen regelmässig.) Bei den wirbellosen Thieren behält es meist seinen embryonalen Charakter als einfache zellige Bindesubstanz (bei den Mollusken und Decapoden) oder gallartige Bindesubstanz (Mollusken), selten wird es mehr faserig wie bei den Insekten, im Mantel der Muscheln, im Stiel der Lingulen und Cyripeden, bei den Ektodermen. Das feste Bindegewebe des Leibesgerüsts wird bei den niederen Thieren entweder durch eine dem Knorpel sich annähernde Modification der einfachen, zelligen Bindesubstanz oder durch eine aus Cellulose oder Chitin bestehende Substanz oder durch kalkige und knorpelartige Theile ersetzt. Das feste Gerüste wird bei den Fischen vorzüglich aus Knorpel, bei den Knochenthiern aus Knochen, osteoide Substanz und Zahnbein gebildet, bei allen höheren Wirbelthieren aus Knorpel, Knochen und Zahnbein. Die allgemeine Körperhaut (Cutis) besteht aus verschiedenen Gestaltungen der einfachen Bindesubstanz und des Bindegewebes, wie man in ihr Knorpel-, Knochen-, ja selbst Zahnbildungen der mannigfachsten Art und Chitinegehalte der Arthropoden sind Cuticularbildungen (KÖLLIKER, HÄCKEL).

### Vegetative Gewebe.

#### Blut und Oberhautgewebe.

Als zweite Hauptgruppe der Gewebe haben wir diejenigen bezeichnet, welche den vegetativen Vorgängen im menschlichen und Säugethier-Organismus vorstehen.

Unter diese Gruppe fallen die Zellen des Blutes und der Lymphzellen, welche die freie Oberhaut des Körpers und seiner grösseren Hohlorgane überziehen und die sogenannten Epithelien bilden und die Drüsenzellen, welche die verschiedenen Drüsenräume auskleiden oder anfüllen und gewöhnlich mit Epithelzellen continuirlich zusammenhängen.

Während in den vorhin besprochenen Geweben die Intercellularsubstanz die Hauptmasse bildet, behalten in dieser Gewebsgruppe die Zellen die Ober-

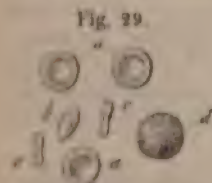


Fig. 29.  
Glatte, runde, schalenförmige Blutkörperchen a, b, c und eine granulirte Leukocyste d, deren Kern verdeckt ist.

Meist ist der Intercellularstoff auf ein so geringes Maass beschränkt, dass er eben nur hinreicht, die einzelnen Zellen unter einander zu verkleben. Bei dem Blute und der Lymphe bleibt er flüssig, sodass die Zellen frei schwimmen (Fig. 29.).

Wie die Functionen der vegetativen Sphäre dem Thierorganismus und der Pflanze gemeinsam zukommen, so ist auch die dienende Gewebe dem Pflanzengewebe am ähnlichsten. Die Zellen lagern sich dicht an einander und stellen sich auf das Mannigfachste ab. Dabei behauptet jede Zelle fast vollkommen ihre individuelle Selbständigkeit, so dass man die besprechende Gewebsgruppe als Gruppe der selbständig gebliebenen Zellen bezeichnen kann. Wenn wir von den Organen, welche aus diesen

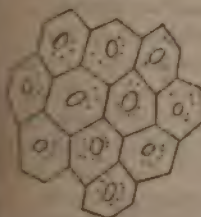


zusammengesetzt sind, gemeinschaftliche Wirkungen hervorgebracht sehen, bedient sich doch jede einzelne der gewebebildenden Zellen in individueller Weise dem schliesslichen Resultate. Jede einzelne Zelle ist eine abgeschlossene, misch-physikalische Werkstätte, welche Stoffe aufnimmt, umwandelt, abgibt.

In dem thierischen und menschlichen Körper theilt sich nur ein verhältnissmässig geringer Theil an den eigentlich vegetativen Processen, der grösste Theil ist den animalen Functionen der Bewegung und Empfindung gewidmet. Auch die eigenthümliche, zweckmässige Anordnung der selbständigen Zellen zu mannten Drüsen wird dieser scheinbare Mangel jedoch vollkommen ausgeglichen.

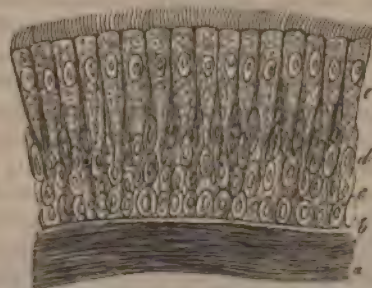
Die Anordnung der Zellen ist in dieser Gewebsgruppe primär eine flächenartige. Wir sehen alle freien Oberflächen des Körpers, innere und äussere, mit einer oder Häuten selbständiger Zellen, tapezirt, die in dieser Aneinanderlagerung Namen Epithelien führen. Diese Epithelzellen sind von der mannigfaltigsten Gestalt und Aneinanderlagerung. Entweder bleiben sie, wie in allen inneren Organen, als Ueberzüge der sogenannten Schleimhäute weich und kernhaltig; sie haben wie an der Oberhaut der äusseren Körperbedeckung des Menschen theilweise die Zellennatur fast ganz aufgegeben und sind zu trockenen Blättchen geworden, verhornt (Horngewebe); die aus solchen, in Alkalien wieder kugelig quellenden feinen Zellenblättchen bestehende obere Hautlage heisst Epidermis (Fig. 30.). Je nachdem die Zellen in ein- oder mehrfacher Schicht das Epithel

Fig. 30.



Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo noch weich wie Epithelium, 350mal vergr.

Fig. 31.



Flimmerepithelium von der Trachea des Menschen, 350mal vergr. a. Ausserster Theil der elastischen Längsfasern. b. helle äusserste Lage der Mucosa, c. tiefste runde Zellen, d. mittlere längliche, e. äusserste Flimmern tragende.

zusammensetzen oder ihre Gestalt vom Rundlichen in's Polygonale oder Kegelige abändern oder in Flimmerhaare ausgewachsen sind, spricht man von dem einfachen Epithel, einem geschichteten Epithel, Platten-, Cylinder-, Flimmer-Epithel. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass geschichtetes Epithel und Epidermis in verschiedenen Lagen sehr differente Zellformen haben können (Fig. 31.). So zeigt die Oberhaut des Menschen zu oberst die Hornblättchen, welche kaum mehr an Zellen erinnern, in tieferen Lagen besteht sie in der sogenannten »Schleimschicht« aus rundlichen oder polygonalen Zellen mit Kernen und anderen Zellen, deren Oberfläche überall mit Spitzchen und Leisten besetzt ist, welche zwischen analoge Vorsprünge der Nach-

barzellen eingreifen wie zwei mit den Borsten in einander gepresste Bürsten. Man nennt sie Stachel- und Riffzellen (M. SCHULTZE).

Fig. 32.



Sogenannte Stachel- oder Riffzellen *a* aus den unteren Schichten der Epidermis des Menschen; *b* eine Zelle aus einer Papillargeschwulst der menschlichen Zunge (letztere Kopie nach SCHULTZE).

Zu den Epidermisbildungen gehören: die Nagel und Haare sowie die Krystalllinse des Auges. Nagel und Haare gehen zum Horngewebe.

Erwähnung verdienen auch die Cuticularbildungen, geformte Ausscheidungen des Oberhautgewebes. Sie überziehen entweder die freie Wand der einzelnen Zellen und bilden dann sowohl als dünne Säume oder wie bei dem Schmelzfisch Zähne als 5-6eckige Prismen erscheinen, oder sie überziehen die freien Wände angrenzender Zellen im Zusammenhang ein einfaches oder geschichtetes Häutchen. Diese Häute sind, die man vorzugsweise als Cuticulae bezeichnet. Man rechnet man wohl die Basalmembranen (Basementmembranen), auf denen die Epithelzellen meist aufsitzen. Bei Gliederthieren kommen dicke, geschichtete, faserige, entweder weiche oder hornartige auch verkalkte Cuticulae vor, die zum Theil aus Stoffen (Chitin) bestehen, die sonst nirgends gefunden werden.

Zur Entwicklungsgeschichte. — Epithelien der Epidermis gehen ihrer Hauptmasse nach aus den benachbarten grenzenden Keimblättern, dem oberen und unteren hervor. Der epitheliale Ueberzug der serösen Körperhöhlen, dem der Schleimbeutel und der Sehnenscheiden, sowie der Lumen der Gefässe scheinen sich mit den Organen, die sie kleiden,

aus dem mittleren Keimblatt zu entwickeln. Sie zeigen manches Eigenthümliche in Bau und physiologischen Verhalten, weshalb man in neuester Zeit diese Binnenepithelien auch als unächte oder Endothelien (ZEISS) bezeichnet. — Das obere Keimblatt, das Hornblatt, liefert die Epidermis mit Nageln, Haaren, Krystalllinsen mit den Hautdrüsen und Milch- und Thränendrüsen, welche also zu den Epidermisbildungen zu rechnen. Wie der epitheliale Ueberzug der Höhlen des Centralnervensystems und das Pigment-Epithel der Chorioiden. Das Darmdrüsenblatt oder untere Keimblatt liefert die Epithelien des Verdauungsapparates, sowie die zelligen Theile aller dazu gehörigen Drüsen auch Lunge, Leber, Niere. Während die Epidermis meist rundliche oder platte Zellenform zeigt, zeigt das Epithel vorwiegend Cylinderzellen, zum Theil bewimperte. Die Epidermis lässt schon bei dem Embryo von 5 Wochen zwei Zellschichten erkennen als Aussen- der Schleim- und Hornschichte (KÖLLIKER).

Zur vergleichenden Anatomie. — Abgesehen von den Cuticularbildungen zeigt sich das Oberhautgewebe bei den Thieren von ziemlich analoger Bildung. Das Horngewebe erscheint bei den Thieren verbreiteter und eigenthümlich geformt, und zwar bedecken sich Epidermis und Epithelien an seiner Erzeugung. Als Gebilde der Epidermis an der äusseren Haut sind zu nennen: Krallen, Klauen, Hufe, Hörner, Stacheln, Platten, Schilde, Borsten, Federn etc., als Epithelialgebilde von Schleimhäuten erscheinen die verschiedenen Thieren vorkommenden Hornscheiden der Kiefer, Hornzähne, die Wallfischschnecken, die Zungenstacheln und Platten bei Vögeln, Säugern und Amphibien, die Stacheln der Speiseröhre bei Schüdkroten etc. (KÖLLIKER). Ueber Blut cf. unten in der speciellen Physiologie.

### Drüsengewebe.

Fast bei allen Häuten, welche einen Epithelialüberzug besitzen, zeigt sich eine analoge Methode der Flächenvermehrung realisiert. Es finden sich nämlich



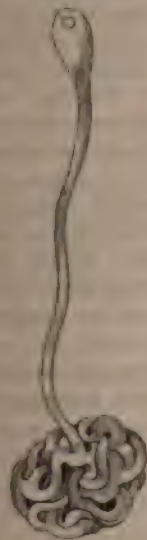
sen Häuten als Gerüst dienenden Bindegewebe eine grosse Anzahl von Ausstülpungen, von Höhlen-, Buchten- und Zottenbildungen, welche Epithelzellen überkleidet werden. Diese mit Zellen austapezirten Ein- und Höhlen der mit Epithel bekleideten Häute sind das, was man in der Form vorzugsweise als Drüsen bezeichnet. Ihre Hauptgrundform lässt die Handschuhfingerform zurückführen; von der Fläche auf dem Durchgesehen besitzen sie eine langgestreckte U-förmige Gestalt. Der innere Theil des Nahrungsschlauches, die Schleimhaut des Magens und der Gedärme, die Haut, als hätte man in die aus plastischer Masse bestehende Haut dicht aneinander mit einem unten abgerundeten Cylinder Vertiefungen eingedrückt, Epithelzellen folgen allen diesen Eindrücken, und es entstehen so die einfach schlauchförmigen Magen- und Darmdrüsen. Manche Schlauchdrüsen rollen sich zu einem Knäuel zusammen, der dann einen einfachen Ausführungs- gang, wie die Schweissdrüsen der Haut (Fig. 32, 33.). An anderen Drüsen zeigt sich die Höhlung selbst noch vielfach ausgebuchtet, gleichsam so, dass nach mannichfachen Uebergängen daraus traubenförmige Blasen entstehen (Fig. 34.). Dieselben Bildungen, welche wir bisher im Kleinen besprochen haben, können auch eine bedeutende Grösse annehmen. Sie besitzen dann meist ebenfalls entweder einen schlauchförmigen oder einen traubenförmigen Bau, sie werden, im Ge-

Fig. 33.



Eine schlauchförmige  
Magen- und Darmdrüse  
des Menschen.

Fig. 34.



Eine Knäueldrüse  
aus der Conjuncti-  
va des Kalbes.

Fig. 35.



Eine BRUNNER'sche Drüse des Menschen.

te zu den bisher abgehandelten einfachen, zusammengesetzte Drüsen genannt. Als Beispiele einer zusammengesetzten traubenförmigen Drüse können Speicheldrüsen dienen, für eine zusammengesetzte schlauchförmige die Nieren. Diese grösseren Drüsen sind mit einer bindegewebigen Kapsel umschlossen,





ne zeigen Verästelungen und Kölliken sah Luftröhren (Tracheen) in das Innere einzelner Zellen eindringen, wodurch ein Uebergang zu höheren Gewebselementen angedeutet ist. Bei Lepidosen fand K. einzellige, flaschenförmige Schleimdrüsen der Haut entsprechend den Schleimzellen in der Haut der Fische.

## Animale Gewebe.

### Muskeln.

Grundlagen der animalen Thätigkeiten, der Empfindung und Bewegung das Nerven- und Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe besteht aus zwei Gruppen von Formelementen, deren Verschiedenheiten sich auf einen Grundtypus zurückführen lassen. Die embryonale Muskelzelle, die schon Contraction zeigt, wächst mehr oder weniger in die Länge, wobei der Kern auch die Längsform annimmt. Dabei bleibt entweder die Zelle einkerkend, oder sie entwickelt mehrere Kerne, so dass durch die Dignität einer Zellenreihe erhält. Die embryonalen Muskelzellen bleiben meist kurz und deren Wirkung auf kleine Räume beschränkt, doch können sie wie z. B. im schwangeren Uterus auch bedeutende Grösse erlangen. Die mehrkernigen Fasern erreichen bei dem Menschen stets eine bedeutende Länge, was ihren mächtigeren Wirkungen entspricht (Fig. 37. u. 38.).

Die Contraction ist ein Theil der Bewegungen des menschlichen Organismus bedarf zu ihrem Zustandekommen des Anstosses eines Willensactes. Die Bewegung zum Nutzen des Verdauungsgeschäftes und der Circulation, die Auspressung der Drüsensaftkanäle aus dem Innern der Drüseneinbuchtungen sind muskuläre Bewegungen. Sie werden von den unwillkürlichen oder organischen Muskeln bewirkt, welche eine Zusammenhäufung von einkerkelnden oder durch eine mikroskopisch nicht direct sichtbare Zellmaterie vereinigten Muskelzellen sind. Das Plasma dieser Zellen hat die Eigenschaft der Contraction in hohem Masse, d. h. es ist im Stande sich zu contractiren, die ihm in normalen Fällen vom Nerven vermittelt werden, zusammen zu ziehen, seinen Querdurchmesser zu Gunsten des Querdurchmessers zu verkleinern. Die Zellenhülle, die übrigens an diesen Muskelzellen nicht nachzuweisen ist, nimmt nur einen passiven Antheil vermöge ihrer Elasticität. Der Zellkern ist meist stäbchenförmig, und liegt central in der spindelförmigen Zelle. Die Form der Zelle mehr kurz, breit, sie ist

Fig. 37.



Fig. 38.



Musculöse Faserzelle aus der fibrösen Hülle der Milz des Hundes. 350mal vergr.

Musculöse Faserzelle aus dem Dünndarm des Menschen. a stäbchenförmiger Kern.

entweder walzenförmig oder abgeplattet. Im Mittel sind sie  $0,02-0,04$  und  $0,002-0,003'''$  breit. In dem Protoplasma der unwillkürlichen Muskeln finden sich Körnchen, welche sich optischen Hilfsmitteln gegenüber verschieden von der anderen Inhaltsmasse verhalten: sie brechen das Licht pelt. Diese doppeltbrechenden Körperchen oder Disdiaken zeigen nur selten eine regelmässige Anordnung, wodurch der Muskelzellen eine zarte Längsstreifung erhält; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist sie ganz unregelmässig gestellt, so dass der Inhalt ein fast homogenes Aussehen besitzt. Man nennt danach die unwillkürlichen Muskeln auch glatte Muskeln.

Um willkürliche, rasche Kraftäusserungen hervorzubringen, hat die Natur jene oben erwähnten, mehrkernigen, langgestreckten Zellen benützt. Eine Grenze zwischen den beiden Muskelarten kann nach den neueren Erfahrungen mehr gezogen werden. Die willkürlichen Muskelfasern oder Muskelmyocyten sind von einer structurlosen Membran umschlossen, sie tragen den Namen Sarkolemma oder Myolemma. An der Innenfläche des Sarkolemmas liegen in bedeutender Anzahl runde oder verlängerte Zellkerne in regelmäßigen Abständen an. Meist haben diese Zellen die Form von langgestreckten Nadeln oder Walzen. Der Inhalt des Sarkolemmaschlauches, das umgewandelte Protoplasma der willkürlichen Muskelzellen, hat die Fähigkeit der Contractilität in höherem Masse als das der unwillkürlichen. Die auch hier vorkommenden doppeltbrechenden Körperchen besitzen eine sehr regelmässige Anordnung in Querrichtung, wodurch eine regelmässige Querstreifung des Muskelinhaltes entsteht. Man nennt danach die willkürlichen Muskeln auch quergestreifte. Das Herz der Fische, Amphibien und des Menschen, obwohl ein unwillkürlicher Muskel, besteht ebenfalls aus quergestreiften Fasern. — Die Primitivmuskelcylinder lagern bündelweise aneinander, durch zarte bindegewebige Membranen, Perimysium umschlossen und zusammengehalten zu primitiven Muskelbündeln. Diese sind wieder zu mehreren von Bindegewebe umkapselt und stellen so die makroskopischen Muskelbündel dar, aus welchen der Muskel zusammengesetzt ist.

Die quergestreiften Muskeln zeigen hier und da, z. B. im Herzen Verästelungen und Anastomosen.



Entwicklungsstadien der Bildungszellen des quergestreiften Muskelfadens vom Frosch nach REMAN.

Zur Entwicklungsgeschichte. — Die Muskelzelle entsteht aus dem mittleren Keimblatte. Die glatten Muskelfasern entstehen durch Umwandlung von Bildungszellen mit kugeligem Kern. Auch die quergestreifte Muskelfaser ist nichts Anderes als eine kolossaler Länge ausgewachsene Spindelzelle, welche ebenfalls aus einer kugligen Bildungszelle entwickelt. Die Entwicklung derselben ist bei dem Menschen und den übrigen Wirbelthieren analog. Die Bildungszelle des Froschembryo mit ihrem körnchenreichen Protoplasma wachsen mit Kerntheilung, die sich mehrfach wiederholt. Die Kerne lagern sich in der Längsrichtung der sich formig auswachsenden Zelle unter einander. An Stelle des körnigen Protoplasmas tritt in der Folge die normale Querstreifung auf (FAHY). (Fig. 39.)



vergleichenden Anatomie. — Beim Menschen kommen glatte Muskelfasern meistens zu grosseren Muskeln vereinigt vor. Sie bilden vor allem die Muskelhäute der verschiedenen Röhrengebilde des menschlichen Körpers: des Darms, der Harnorgane, der Blutgefässe, der Respirations- und Geschlechtsorgane. Im Auge sind die Fasern der Pupillargläh. Auch im Innern vieler Organe kommen mehr oder weniger zahlreiche glatte Fasern vor: in der Milz, in den Darmzotten, an den Haarbälgen der Haut, an den Schweissdrüsen, an den Schmalzdrüsen. Die Tunica dartos des Hodensacks, Warzenhof und Brustwarze beruhen auf ihrer Contractilität diesen Muskelzellen.

Bei den Säugethieren kommen die glatten Muskeln an einigen Stellen in grosser Anhäufung vor, so z. B. als Mastdarmruthenmuskeln, sie stehen häufig mit Sehnen aus elastischem Bindegewebe in Verbindung, wie das zuerst von KÖLLIKER an den Trachealmuskeln und Hautmuskeln der Vögel aufgefunden wurde. Auch beim Menschen kommen derartige Sehnen an Muskeln vor. Die Herzen der nackten Amphibien und Fische haben glatte Muskelfasern, während die Lymphherzen z. B. der Fische quergestreifte Fasern zeigen. Bei den Schnecken (Scheibenquallen, Cephalopoden, Cephalophoren, im Herzen der Gasteropoden) sind die einkernigen Muskelzellen ziemlich verbreitet und bilden, wo sie vorkommen, die muskulöse Muskulatur. Oft zeigt ihr Bau Uebergänge zu den quergestreiften Fasern der höheren Thiere. Das Vorkommen der quergestreiften Fasern ist bei den niederen Thieren nicht ganz dem bei Menschen gleich. Es finden sich solche im Magen des *Amphioxus*, im Darm von *Tinia chrysis*, in den Hautmuskeln vieler Wirbelthiere, in den Spürhaaren der Säuger, an der unteren Hohlvene von *Phoca*, an den Venen der Flughaut der Chiropteren, im Auge der Vögel und beschuppten Fische. Die Herzen der Gliederthiere sind quergestreift (LEYDIG).

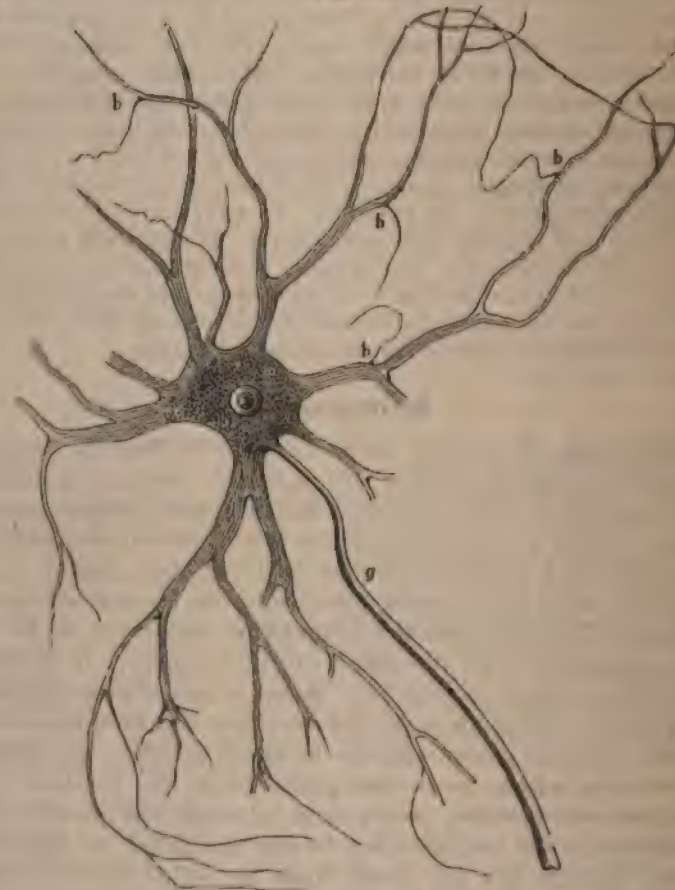
### Nervengewebe.

Empfindung, die Antriebe zu Bewegungen des Muskelsystemes, die sogenannten Seelenenthätigkeiten; haben ihre materielle Grundlage im Gehirn und Rückenmark und den zu diesen centralen Nervengebilden gehörenden peripherischen Nerven, welche in grosser Anzahl aus Gehirn und Rückenmark ausgehen. Alle bisher alle Lebenserscheinungen in ihrem letzten Grunde auf den Organismus der Zelle zurückgeführt; auch für die Hervorbringung dieser animalen Thätigkeit lässt sich kein anderes Instrument als die Zelle aufstellen, die sogenannten Nerven- oder Ganglienzellen. Diese haben meistens ein farbloses Ansehen (Fig. 40.) Manchen scheint eine eigentliche Zellsubstanz zu fehlen, namentlich in den Nervencentren. In ihren homogenen Inhalt sind kleine Körnchen eingestreut, die in manchen Fällen eine gelbliche oder gelbe Färbung zeigen, so in dem gelben Flecke der Netzhaut des Auges. Die Form ist stets sehr deutlich, gross, rund mit einem oder mehreren Kernkörperchen.

Die Grösse der Ganglienzellen ist sehr wechselnd, sie kann so bedeutend sein, dass sie sich mit freiem Auge als weisse Punkte unterscheiden lassen von 0,003 — 0,04". Das, was sie vorzüglich vor anderen Zellenformen auszeichnet, ist das massige Ueberwiegen der Zellenfortsätze über die Zelle selbst. Von verschiedenen Seiten und in verschiedener Anzahl gehen diese von der Zelle aus. Einmal z. B. eine enorme Länge und treten, gleichsam selbständig gewordener grosser Anzahl durch Bindegewebe zu einem Nervenstamme vereinigt ausserhalb der centralen Nervenmassen, dem Gehirn und Rückenmark hervor. Jeder dieser Fortsätze, welcher sich zu einem Nerven vereinigt finden, steht mit einer Nervenfortsatz in Verbindung, von welcher die Bewegungserscheinungen in ihm aus-

Gehirn und Rückenmark selbst bestehen in ihren mikroskopischen Elementen aus einer Zusammenhäufung solcher Zellen und ihrer Fortsätze, eingebettet zusammengehalten durch ein Gebilde aus der Gewebsgruppe der Bindegewebe. Die Vermittelung des Bewegungsantriebes und der Empfindung zwischen Gehirn und Rückenmark geschieht durch Verbindungsfäden der Nervenzellen untereinander, welche aus den einzelnen Zellen eine feingegliederte Kette der Nervenbahnen herstellen, die dem Centrum der Seelenthätigkeit herstellen.

Fig. 40.



Centrale Nervenzelle (nach DEITERS).

Die Ganglienzellen besitzen eine verschiedene Anzahl von Ausläufern, man bezeichnet sie nach der Zahl derselben als unipolare, bipolare oder multipolare Zellen, danach schwankt auch ihre Form, sie können rund, birnförmig, spindel- und sternförmig sein.

Ein Theil der Ausläufer der centralen Nervenzellen verästelt sich schliesslich in ganz feinen Fasern, andere, bei den Nervenzellen des Gehirns meist ein Ausläufer von jeder Zelle, zeigen sich nach kurzem Verlauf als wahre Nervenfasern: Axone.

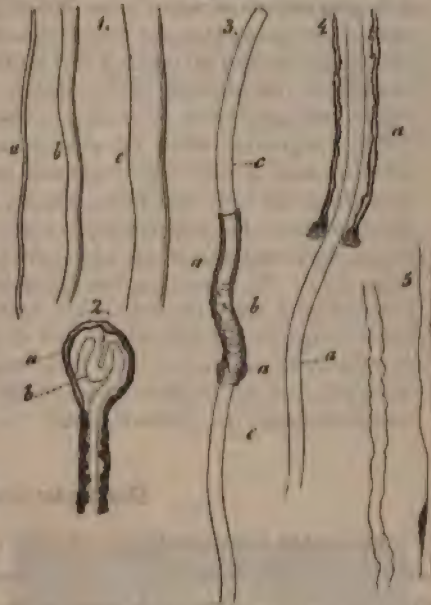


(Z. DEITERS). Diese besitzen eine deutliche Membran, welche einen, wie es zahlflussigen Inhalt einschliesst, der bei den sogenannten dunkelrandigen Fasern eine Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Substanzen zeigt. In der Mitte der Faser liegt ein weniger dichter Strang, der sogenannte Achsenzylinder, umgeben von einer stark leuchtenden Masse, die sogenannte Markscheide. Bei manchen Nerven zeigt sich diese Markscheide, bei dem Tode des Nerven zu unregelmäßig-zackig-bröckeligen Form umgewandelt, nicht. Diesen Fasern fehlt das glänzende Aussehen der markhaltigen Fasern, damit die dunkle Contour, die man bei ihnen danach als blasse Nervenfasern beschreiben kann, ihr Inhalt scheint nur aus dem Achsenzylinder zu bestehen zu können. Sie kommen in den Nervenverästelungen und im Sympathicus vor (s. a. O.).

Das Verhalten der Nervenfasern an peripherischen Enden findet an anderen Orten seine Besprechung. Hier soll nur das Verhalten derselben ausserhalb des Gehirns und Rückenmarkes in den sogenannten Ganglien und Nervensträngen, in denen sich Nervenzellen, Ganglienzellen, eingelagert, welche besonders für willkürlichen Bewegungen vorzubereiten (cf. Sympathicus).

Die Entwicklungsgeschichte. — Die Nerven und Rückenmark entstehen aus dem obersten Keimblatte, der der Axenlage des Embryo entspricht, der Nerveus olfactorius mit dem Riechkolben, der Nerveus opticus mit der primitiven Augenblase, die direkte Produktion des centralen Nervengewebes, die eigentlichen Gehirnorgane. Ueber die Entstehung der peripherischen Nervenfasern und ihren Zusammenhang mit den Nervenzellen ist die Untersuchungsacten noch nicht geschlossen. Nach der gewöhnlichen Annahme sollen die Nervenfasern aus gewöhnlichen Bildungszellen entstehen, welche Fortsätze hervorbringen lassen, mit denen sie mit benachbarten Zellen in Verbindung treten und die z. Thl. die Nervenfasern sich gestalten. Die neueren Beobachtungen scheinen wenigstens für den Axenzylinder die Annahme zu rechtfertigen, dass er direkt aus der Ganglienzelle hervorgeht, die Gewebe, die er versorgen soll, hineinwuchert. Seitdem man die bedeutende Länge der gestreckten Muskelfasern, die einer Zelle entsprechen, kennt, kann aus der Länge der Nervenfasern kein Einwurf gegen ihre Gehörigkeit zu einer Zelle mehr erhoben werden. In der That, wie man sich nach SCHWANN früher die Entstehung der Muskelfasern aus nahe unter einander verschmelzenden Zellen entstanden dachte, so dachte man sich die Nervenfasern aus verschmolzenen Spindelzellen hervorgehen, mit denen sich die

Fig. 44.



Nervenfasern bei 350maliger Vergrößerung 1. Vom Hunde und Kaninchen im natürlichen Zustande, a. feine, b. mitteldicke, c. grobe Faser aus peripherischen Nerven. 2. Vom Frosche mit Serumzusatz, a. durch Druck herausgepresster Tropfen, b. Axenzylinder in demselben in die Röhre sich fortsetzend. 3. Vom Rückenmark des Menschen frisch mit Serum, a. Hülle, b. Markscheide doppelrandig, c. Axenzylinder. 4. Doppelrandige Faser des Ventrivulus IV. des Menschen; der Axenzylinder a hervorstehend und in der Faser sichtbar. 5. Zwei isolirte Axenzylinder aus dem Marke, der eine mit wellenförmigen Begrenzungen, der andere mit leichten Anschwellungen und etwas anhängendem Marke.

Ausläufer der Nervenzellen nachträglich erst in Verbindung setzen sollten. Für die der kerntragenden äusseren Nervenhülle hält KÖLLIKER vorläufig noch an dieser Ansicht die für den nervösen Theil der Faser für unhaltbar erklärt wird. Die motorischen Nerven, sowie die motorischen Wurzeln der Rückenmarksnerven scheinen (nicht) direkt aus dem Rückenmark und der Medulla oblongata hervorzuwuchern und entwickeln sich dann centrifugal weiter unter Mitbetheiligung von Elementartheilen des mittleren Keimblattes. Die Ganglien der Cerebrospinalnerven sowie des Sympathicus entwickeln sich selbständig aus dem mittleren Keimblatt und setzen sich erst in der Folge mit dem Rückenmark in Verbindung. Die embryonalen Fasern sind sehr viel blasser als die fertig gebildeten, sie erscheinen blass wie die marklosen Fasern.

Zur vergleichenden Anatomie. — Die Ganglienzellen der Wirbelthiere und der Insekten wechseln je nach ihren Standorten sehr bedeutend in der Grösse. Dasselbe ist bei den Wirbellosen der Fall. Muscheln, Insekten, Spinnen haben im Allgemeinen kleine und Ganglienzellen. Bei dem Flusskrebs, den Blutegeln und Schnecken beobachtet man grosse, sie können eine solche Ausdehnung erlangen, dass man sie mit freiem Auge leicht sehen kann. Mit Ausnahme von Petromyzon und den Leptocephaliden haben alle Wirbellosen blassen Fasern alle Wirbelthiere auch dunkelrandige, markhaltige, die den Wirbellosen fehlen, deren Nerven Aehnlichkeit mit embryonalen Nerven besitzen, oder mit dem Nerven des Olfactorius, die immer blass (grau) sind. Bei den Arthropoden kommen „coelomatische Nervenfasern“ vor, mit einem centralen Faserbündel, beim Krebs (s. LUDWIG) zu diesen ähnliche Uebergänge von grauen Fasern.

### Die Entstehung der Organe.

Die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle führen, wie wir gesehen haben, zur Bildung der Keimblätter, aus denen die functionell verschiedenen Organe entstehen. Wir haben noch einen Blick zu werfen auf die Vorgänge, durch welche sich aus den blattartigen Anlagen die Körpergestalt des Menschen, seine Organe und Organgruppierungen herausbilden.

Im Allgemeinen bildet sich die flache Embryonalanlage zu einem Doppelrohr um, indem zuerst in der Mittellinie der äusseren Fläche der Embryonalanlage eine Furche entsteht, deren Ränder sich erheben, einander zueinander und schliesslich zu einem Rohre, dem Medullarrohr verwachsen, welche die Anlage des Gehirns und Rückenmarks des Embryo darstellt. Ihr inneres Lumen wird zum Rückenmarkscanal mit den Hirnhöhlen. An diese obere animale Endung schliesst sich die Bildung der unteren vegetativen Röhre (Leibeshöhle mit Brust und Bauch) an, deren inneres Lumen das Lumen des (geradegestreckten oder gekrümmten) Darmrohres darstellt, an das sich als Ausbuchtungen die meisten Organe anschliessen. Die Anlage der vegetativen Röhre bildet sich an der unteren Fläche der Embryonalanlage, indem die Seitenplatten des obersten Keimblattes mit den anliegenden beiden anderen Keimblättern nach unten sich wölben, auf allen Seiten gegen einander wachsen und schliesslich so verschmelzen, dass noch der Nabel als einzige Lücke offen bleibt. Die bleibenden Leibesöffnungen am oberen und unteren Körperende entstehen erst durch spätere Bildung von Durchbrüchen, die zu einem Durchbruch führen.

Der Embryo schnürt sich durch die Bildung seines vegetativen Leibes um, unter fortschreitendem Wachsthum zunächst am Kopfende, dann auch seitlich hinten von dem peripherischen Theil der Keimhaut ab. Nachdem sich zunächst durch vorwiegende Entwicklung das vordere Leibesende zum Kopf gestaltet



ung der Seitenplatten in Leibeswand und Darmwand eintritt, wodurch die äußeren Leibeshöhlen angelegt werden, ist der Leib des Embryo in der Lage fertig. Durch die Entstehung des Herzens und der ersten Blutgemischten Keimblatte und durch den Beginn der Circulation des neuen embryonalen Blutes gibt sich der Embryo nun schon als ein geschlossener Organismus zu erkennen.

Entwicklung des Fruchthofes zur Embryonalanlage schreitet bei dem Kanarienvogel (Bischoff) in folgender Weise vor. Die Keimblase erreicht einen Durchmesser von über 6", gleichzeitig wächst durch Vergrößerung der mittleren Partie der Fruchthof, und es zeigt sich nun als erste Andeutung der Bildung des Embryo ein Gegensatz zwischen einer helleren Mitte: Area pellucida, dem inneren Fruchthof, und einem dunkleren Randsaum: der Area opaca, dem äußeren Fruchthof. Nun nimmt der runde Fruchthof zunächst eine längliche Gestalt an, dann eine eiförmige. In diesem Stadium erscheint die Embryonalanlage als ein längliches, dichteres Schildchen, Axenplatte, in der Mitte des Fruchthofes, in dessen Mitte eine schmale, die Enden des Embryos nicht erreichende Furche, die Primitivrinne erscheint. Die Embryonalanlage wird nun zunächst schwach leierförmig, umgeben mit einem dunklen Saum, der Fruchthof nimmt wieder die runde Gestalt an (Figg. 42, 43.).

Fig. 42.



Fig. 42. Die Keimblase eines Kaninchens, 10mal vergr. Der weisse Rand ist die Area pellucida, die dunklere breitere Zone die Area opaca. In dieser zeigt sich die Embryonalanlage mit der Primitivrinne.

Nach Bischoff.

Fig. 43.



Fig. 43. Fruchthof des Kaninchens mit leierförmiger Embryonalanlage, a Primitivrinne, b Embryonalanlage, c Area pellucida, leierförmig, d Area opaca, kreisförmig. Etwa 10mal vergr. Nach Bischoff.

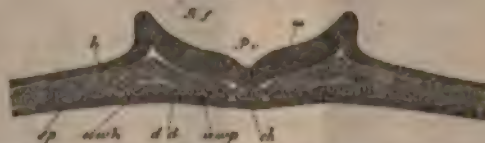
Prinzipie stimmen die weiteren Entwicklungsvorgänge, wie diese Anzeichen, bei den Wirbelthieren überein, am öftesten sind sie bei dem Kanarienvogel untersucht worden.

Innerhalb der Primitivrinne in der unteren Lage der Axenplatte tritt ein walzenförmiger Strang: die Chorda dorsalis auf, welche in der Folge

knorpelig wird und Vorläufer der Wirbelsäule ist. Ihr vorderes Ende spitzt sich zu, das hintere verdickt sich spindelförmig. Die seitlichen Theile des mittleren Keimblattes neben der Chorda dorsalis werden nach KÖLLIKER als Urwirbelplatten bezeichnet, der mittlere Theil der oberen Lage als Medullarplatte, die Seitentheile der Embryonalanlage heissen von dem oberen Blatt: Hornblatt, von dem mittleren: Seitenplatten. Doch ist eine scharfe Trennung in diesem Entwicklungsstadium noch nicht gegeben. Eine Differenzirung im unteren Keimblatt (Darmdrüsenblatt) ist noch gar nicht erfolgt.

Indem die Ränder der Medullarplatte emporwachsen und die Urwirbelplatten ebenfalls weiter wuchern, erheben sich seitlich von der zunächst noch als Vertiefung fortbestehenden Primitivrinne zwei leistenförmige Erhebungen, die Rückenwülste, die eine breite seichte Furche zwischen sich fassen, die Rückenfurche, welche als Weiterentwicklung der Primitivrinne erscheint. Die Ränder der Furche wachsen einander rasch entgegen, und es kommt zu einer Verwachsung der Ränder der Medullarplatte und der angrenzenden Theile des Hornblattes, sodass aus der mittleren Partie des sensoriellen Blattes (der Medullarplatte) ein geschlossener Canal hervorgeht, über welche sich die Hornplatten, die seitlichen Theile des sensoriellen Blattes, von einer Seite zur andern herüberziehen. Auch die Urwirbelplatten wuchern gleichzeitig empor, es kommt aber noch nicht zu einer vollkommenen Umwachsung des neugebildeten Medullarrohres, über dessen halbe Höhe sie zunächst hinausreichen. Die Verwachsung des Medullarrohres beginnt an einer Stelle, die dem sich bildenden hinteren Kopfe entspricht, von hier aus schreitet sie nach vorn und hinten fort, am spätesten erfolgt der Verschluss am hinteren Ende (Figg. 44. 45.).

Fig. 44.



Querschnitt durch die Anlage eines Hühnerembryo vom Ende des ersten Tages 90–100mal vergr. *e* & Chorda, *u w* *p* Urwirbelplatte mit einer Spalte *u w* *h*, vielleicht der ersten Andeutung der spätern Hohlke der Urwirbel, *s p* Seitenplatten mit den Urwirbelplatten hier noch verschmolzen, *d d* Darmdrüsenblatt, *h* Hornblatt, *m* Medullarplatte. Beide zusammen sind in eine starke Falte, die Medullarwülste oder Rückenwülste erhoben, die die breite Rückenfurche *R f* begrenzen, in deren Mitte noch die Primitivrinne *P r* sichtbar ist.

Fig. 45.



Querschnitt durch ein Hühnerembryo vom zweiten Tage, 90–100mal vergr. *d d* Darmdrüsenblatt, *e* & Chorda, *u w* *p* Urwirbel, *u w* *h* Urwirbelhöhle, *a o* primitive Aorta, *u g* Urnierengang, *s p* Spalte in den Seitenplatten (erste Andeutung der Pleuroperitonealhöhle), die durch dieselbe in die Hauptplatten *h p l* und Darmfaltenplatten *d f* zerfallen, die durch die Mittelplatten *m p* unter einander zusammenhängen, *m r* Medullarrohr, (Rückenmark), *h* Hornblatt, stellenweise verdickt.

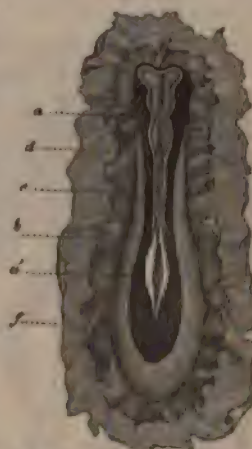


vorderen Ende der sich zum Medullarrohre vereinigenden Rückenfurche blasige Aufreibungen, die Anlage der Hirntheile, und nahe am hinteren Ende eine Erweiterung: der Sinus rhomboidalis. Nach der Anlegung der Rückenfurche entstehen unter derselben und etwa ihrer Mitte entsprechend neben der dorsalis durch Zerfallen der Urwirbelplatten sechs Wirbel, zunächst 2 oder 3 Paare vierseitiger, die sich bald, indem neue Paare entstehen, auf 6—7 vermehren. Die Anlagen und Vorläufer der Wirbelsäule, der Muskeln und der Nervenwurzeln. Die ersten drei entsprechen den vordersten Halswirbeln. Es ergibt sich, dass die Hälfte der Embryonalanlage den Kopf, etwas über ein Viertel auf die vordere Hälfte und das letzte Viertel auf die gesammte Körperabschnitte trifft (Fig. 46.).

Die Bildung der vegetativen Röhre, des Baues im weitesten Sinne des Wortes geschieht in der Weise, dass die Seitenplatten nicht nur von rechts nach links sich zusammenneigen, sondern vor allem zunächst von vorn nach hinten und von hinten nach vorn zu wuchern beginnen und also von allen Seiten her concentrisch vorrücken, um sich endlich in einer gemeinsamen Längsnaht wie die Rückenfurche in einem Punkte, dem Nabel, zu vereinigen. Dadurch schnürt sich der nach unten ringförmig werdende Embryo von der Eiblaste mehr und mehr ab.

Die Abschnürung beginnt zuerst am Kopfe, die Seitenplatten, hier mit den Urwirbelplatten Kopfplatten verschmolzen, von vorn und von hinten her mit ihren Rändern nach unten gegen einander zu wuchern und sich gegen einander krümmen. Dadurch hebt sich das Kopfe der Embryonalanlage von dem Fruchthofe ab und bildet sich auf der Oberfläche der Embryonalanlage eine kleine, blinde Höhle: Kopfdarm (Fovea cardiaca, Wolff). In analoger Weise entsteht später am hinteren Ende der Embryonalanlage die Beckendarmhöhle und nun beginnen sich die Ränder der Seitenplatten nach abwärts zu krümmen. Man pflegt jetzt die Embryonalanlage mit einem Schuh zu vergleichen. Man denkt sich als vorderes Blatt des Schuhs die Kopfdarmhöhle, der Fersenthail ist die Beckendarmhöhle, die Seitenwände des Schuhs werden durch die sich einander krümmenden Ränder der Seitenplatten gebildet, die Ränder der schuhförmigen Anlage gehen in die Keimblase über. In diesem Stadium ist der Embryo noch sehr weit, er ist die weite Oeffnung der schuhförmigen Anlage, von der man nach vorne durch den vorderen Darmeingang in die Kopfdarmhöhle, nach hinten in die Beckendarmhöhle durch den hinteren Darm-

Fig. 46.

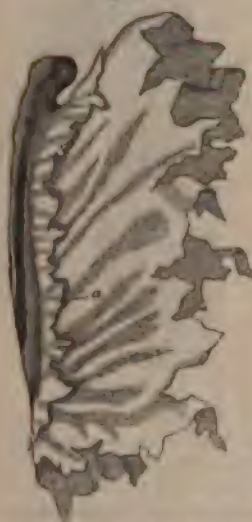


Embryonalanlage eines Hundecies, etwa 10mal vergr. Nach BISCROFF. a Rückenfurche, hier mit 3 Erweiterungen und 2 Einschnürungen, Andeutungen der aus diesem Theile der Medullarplatte sich entwickelnden 3 Hirnblasen, a' Erweiterung der Rückenfurche in der Lendengegend (Sinus rhomboidalis), b Medullarplatte, c Seitenplatten, d Ausseres und mittleres Blatt der Keimblase, f inneres Blatt derselben. In der Mitte sind sechs Wirbel sichtbar, und in der Mitte der Rückenfurche sieht man die durchscheinende Chorda dorsalis.

der vorderen Wandung der Kopfdarmhöhle beginnt im Bereiche des mitt-

leren Keimblattes ein Spaltungsvorgang, der in der Längsrichtung über die hintere Hälfte der genannten Wand und seitlich sich noch etwas über das der Seitenplatten erstreckt. Nur in dem vorderen Theile der Kopfdarmhöhle Schlundhöhle bleiben die Seitenplatten (Schlundplatten REMAK's) ungetrennt. Der hintere Theil der Kopfdarmhöhle zeigt dagegen die besprochene Spaltung, Herzhöhle, in welcher sich später das Herz bildet.

Fig. 47.



Derselbe Embryo, den Fig. 46 darstellt, von der Seite, a abgetrennte äussere Lamellen der Keimblase. Das Offenstehen der Rückenfurche und die Abschnürung des Kopfes sind deutlich.

Das innere Spaltungsblatt der Seitenplatten wird zur äusseren Wand des Vorderarms, d. Speiseröhre, und heisst Darmfaserplatte, innen ausgekleidet von dem Darmdrüsenblatt, äussere Spaltungsblatt der Seitenplatten, aussen von dem sensoriellen Blatt (Hornblatt) überzogen, der Folge zu der über dem Nabel befindlichen Leibeswand des Embryo. Das Herz bildet die Wand des Vorderdarmes, der Darmfaserplatte und ist anfänglich ein gerader Zellenstrang, bald eine Höhlung zeigt und sich weiter ausdehnt (Fig. 47.).

Die obige Figur 45. stellt den analogen Spaltungsvorgang der Seitenplatten in Hautplatte und Darmfaserplatte, der zur Bildung der Peritonealhöhle in seinen Anfängen dar. Nach aussen verschmelzen beide Platten in das ungetheilte mittlere Keimblatt, Fruchthofes, nach innen verbinden sie sich beiderseitig und erhalten die Bezeichnung Mittelplatte, die an die Urwirbel, an die beiden primitiven Nierengänge und die Urnierengänge angrenzen. Die Spaltung geht wie ein Canal durch den ganzen Randtheil des Embryo und vereinigt sich am hinteren Ende des Embryo mit der der anderen Seite und vorn mit der oralen Seite.

Die oralen Seitenplatten bilden die Bezeichnung Herzhöhle, sodass die Embryonalanlage nur oben und in der Mittellinie (wo sich später das Mesenterium zeigt) diese Spaltung nicht besitzt. Der Darm bildet sich zunächst als eine Eintiefung des Darmdrüsenblattes direkt oberhalb der Chorda dorsalis: Darmrinne.

Der Spaltungsprocess der Hautplatten schreitet eine Strecke weit über den Bereich des Embryo hinaus in den Fruchthof und den peripherischen Theil der Keimhaut vor. Die dem Embryo zunächst anliegenden Theile der Hautplatten biegen sich mit dem Hornblatt überzogen gegen die Mittellinie zur Bildung der Bauchwand gegen einander, die peripherischen Theile dieser beiden Blätter biegen sich dagegen über den Embryo als Amnionhälften, um ihn endlich vollständig zu umschliessen. Indem die Mittelplatten nach innen verschoben werden und zu einer unpaaren Masse verschmelzen, aus der auch das Gekröse entsteht, wird durch das Dazwischenschieben der aus den Mittelplatten entstehenden Gebilde das Darmdrüsenblatt, resp. die Darmrinne von der Chorda dorsalis und mehr abgeschoben. Die Verhältnisse, welche dadurch entstanden sind, sind in der nebenstehenden Zeichnung nach REMAK (Fig. 48.). Die Bauchwand ist durch die Hautplatten *hp* fast geschlossen, die sich nach aussen zur Amnion



leben. Innerhalb der Bauchhöhle ist der stark rinnenförmige Darmcanal, Darmfaserplatte *df* und Darmdrüsenplatte *d* in die betreffenden Häute spherischen Keimschichte des Sacks übergehen. Befestigt der Darm durch ein Gekröse, einer vor der Chorda und Anlage der Wirbelsäule gemasse (den vorgewucherten Seiten oder Gekrösplatten) und die jetzt unpaare Aorta die Cardinalvenen *vc* ein-

in dieser Weise kommt es end- vollkommenen Abschnürung des Embryo von dem Reste der Eizelle, der dann den Namen Nabel (bei Eiern mit Nabel: Dottersack) erhält. Die abgerundete Communicatio- nung der Bauchhöhle des Em- bryonallumens mit der Nabel- höhle, die sich canalartig auszieht, Nabelgang Ductus omphalo- coelicus, die ringförmige Abschnü- rung des Nabels.

Die wesentlichsten Differenzirungen der Embryonalanlage fallen in drei Klassen zu. Die Ur- platten, welche anfänglich als solide Aggregate auftreten, zeigen bald analogen Spaltungsvorgang, wie bei den Platten, es entsteht eine sich wieder ausfüllende Höhle, deren Wand zu einem besonderen Gebilde, der Keimplatte, wird, während der untere Theil als eigentlicher Urwirbel fort-

bleibt. In der Folge umwachsen die eigentlichen Urwirbel die Chorda und das Rückenmark, indem sich eine dünne Lamelle zwischen Rückenmark und Hornblatt einschleibt, die allmählich mit derjenigen der entgegengesetzten Seite verschmilzt: häutige Wirbel- oder obere Vereinigungshaut. Die Umwucherung der Chorda umschliesst zunächst die Seite derselben, später wächst ein dünnes Blatt zwischen Rückenmark und Chorda. So entsteht zunächst eine vollkommen zusammenhängende häutige Wirbelsäule mit einer Hohlhöhle, von der die obere das Rückenmark, die untere die Chorda umschliesst. An der häutigen Wirbelsäule treten sofort neue Gliederungen auf, indem in den Ab- schnitten, welche den mittleren Theilen der früheren Urwirbel entsprechen, neue Trennungs- wucherungen auftreten, welche die Grenzen der bleibenden Wirbelkörper bezeichnen. Jeder Urwirbel wird dadurch in zwei durch den Intervertebralknorpel geschiedene Hälften, je zwei an der Grenzlinie der Urwirbel vereinigen sich zu einem bleibenden Wirbelkörper. Bald nach der Schliessung der häutigen Bogen über dem Rückenmark entwickeln sich in denselben die

Fig. 48.



Querschnitt durch den Rumpf eines 5-tägigen Embryo in der Nabelgegend. Nach REMAK. *s. h.* Scheide der Chorda, *h.* Hornblatt, *a. m.* Amnion, fast geschlossen, *a. n.* sekundäre Aorta, *vc* Venae cardinales, *m. u.* Muskelplatte, *g.* Spinalganglion, *v.* vordere Nervenwurzel, *h. p.* Hautplatte, *u. p.* Fortsetzung der Urwirbel in die Bauchwand (Urwirbelplatte, REMAK, Visceralplatte, REICHERT). *b. a.* Primitive Bauchwand aus der Hautplatte und dem Hornblatt bestehend, *d. f.* Darmfaserplatte, *d.* Darmdrüsenplatte, beide hier, wo der Darm im Verschlusse begriffen ist, verdickt. Die Masse um die Chorda ist der in Bildung begriffene Wirbelkörper, die vor den Gefässen enthält in den seitlichen Wulsten die Urnieren und setzt sich in der Mitte ins Gekröse fort.

Anlage der Knorpelbogen, der vorderen und hinteren Nervenwurzeln sammt den Nal ganglien.

Auch zur Ausbildung der Bauchwand tragen die Urwirbel auf das Wesentlichste bei. Die ursprüngliche Bauchwand besteht aus dem Hornblatte und der äusseren Spaltlamelle der Seitenplatten, von denen die innere zur Darmfaserschichte, Gekröse etc. umgebildet hat. Der äusseren Spaltlamelle der Seitenplatten gibt man den Namen Hautplatten. Sie verwachsen mit den Urwirbeln, und nun beginnen die Muskelplatten die Spinalnerven und die Wirbelbogen (Rippenanlage etc.) (Bestandtheile, in welche die Urwirbel nach der obigen Darstellung differenzirt), die zusammen als Bauchplatten benannt werden, in die Hauptplatten hineinzuwuchern, wodurch die Hauptplatten in eine dickere äussere (Cutis) und in eine dünnere innere Lamelle (Auskleidung der Peritonealhöhle) gespalten werden (cf. Abbildung Nr. 48). Die Bauchwand besteht aus aus folgenden Schichten: 1) dem Hornblatt (vom sensoriiellen Blatte) der Anlage der Epidermis; 2) der äusseren, dickeren Lage der Hautplatten (der oberen Spaltlamellen der Seitenplatten vom mittleren Keimblatte), der Anlage der Cutis; 3) der von dem Urwirbel abgegespaltenen fortgewucherten Muskelplatte oder der Anlage der visceralen Muskeln z. B. Interkostalmuskeln 4) und 5) der in einer Schicht liegenden, auch von den Urwirbeln stammenden Anlage der Rippen und Interkostalnerven und 6) der inneren Schichte (in der Abbildung unter 6 als Linie dargestellt) der Hautplatte oder der Anlage der serösen Auskleidung der Peritonealhöhle. Lange ehe die Elemente der Bauchplatten die vordere Mittellinie des Bauches erreicht haben, verknorpeln die Rippenanlagen und bilden sich die einzelnen Rippen und Interkostalmuskeln aus. Sie schieben sich durch fortschreitendes Wachstum in der ursprünglichen Bauchwand (Hautplatten) weiter, bis sie entweder, wie die Mm. recti abdominis, die vordere Mittellinie des Bauches sich berühren oder, wie die Rippen (mit dem Brustkorbe selbst verwachsen).

Der Rücken wird dadurch vollendet, dass in den häutigen Bogen die verknorpelten Wirbelbogen einander entgegenwachsen und in der späteren Folge verschmelzen. Als die Hautplatten vereinigen sich in der Mittellinie, zu der sie, wie auch die Muskelplatten von den Seiten heraufwuchern, aus ihnen entstehen Knochen, Muskeln, Nerven und Rückenmark.

Die Extremitäten zeigen sich zuerst als Verdickungen der Hautplatten, die als Stummel hervortreten, an deren Ende (REMARK) eine bedeutende Verdickung des ausziehenden Hornblattes auffällt. Bei der weiteren Entwicklung wuchert in diese Anlage der Urwirbel hinein, an welchem sich deutlich die Muskelplatte und der Nerve betheiligt. Die in die Extremitäteneinlage hineinwuchernden Nerven erscheinen am Anfange als ungemein mächtige Bildungen.

Am Kopfe und Halse tritt keine Trennung der Urwirbelplatten und Seitenplatten ein. Es finden sich am Kopf keine Urwirbel und auch in der Folge, solange der Kopf knorpelig ist, keine Wirbelabtheilungen oder Wirbelbogen. Früh umwachsen in ähnlicher Weise wie bei der Bildung der Wirbelsäule die Urwirbelplatten die Chorda von oben und unten, und später auch das Gehirn, wodurch eine zunächst häutige Schädelkapsel gebildet wird, die sich in der Folge in einen äusseren Theil, die Schädelhaut, und in einen inneren Theil, die knöcherne Schädelkapsel, differenzirt. In den Wänden der Bauchseite des Kopfes (aus Hornblatt und Seitenplatten bestehend) erleiden die mit den Urwirbeln verschmolzenen Seitenplatten eine von ersteren ausgehende Verdickung, welche die vordere Mittellinie zuerst nicht erreicht. Dann bilden sich seitlich je 4 Spalten: Schlund- und Kiemen-spalten, welche von aussen bis in den Schlund führen und von der ersten Spalte — unter dem Ende des Gehirns, in der unteren Mittellinie — entsteht durch Durchbruch und Durchbrechen von aussen der Mund. Die Theile, welche die erste, zweite und dritte Spalte von vorn her begrenzen, verdicken sich und erhalten die Bezeichnung Schlundbogen. Bei dem Säugethier sind vier vorhanden. (Fig. 49.) In der beistehenden Figur eines Hundembryo hat man das Herz und den Raum zwischen den Kiemenbögen von der dünnen Haut, der primitiven Brustwand, bedeckt zu denken. Die drei ersten Kiemen-



ende kölbig und erscheinen als gegen einander gekrümmte, rippenähnliche Bogen. Die ersten Bogen sich berühren (Unterkieferfortsatz), weichen die folgenden mehr oder ab, nur verbunden durch die ursprüngliche dünne Membran, welche hier die primitiven Aortenbogen deckt. Am ersten Bogen findet sich ein kleiner Ausläufer: Oberkieferfortsatz, welcher nach oben den Mund umgibt. Von den folgenden Bogen bleibt für das spätere Leben nur die erste übrig, welche zum äusseren und mittleren Ohr wird. Ein weiterer Kiembogen verschwindet, ein anderer Theil verschwindet in langer oder ganz sich erhaltende Theile, den ersten Fortsatz, der bei Embryonen vom Hammer aus den Unterkiefer sich erstreckt, ein ziemlich starker cylindrischer Muskelstrang, der wie später der sich von ihm erhaltende Musculus stapedius mit dem Hammer sich verbindet und mit ihm ist. Er schwindet im achten Monat. Er entsteht aus dem ersten Kiembogen. An der Aussenseite des MECKEL'schen Fortsatzes entsteht der Unterkiefer. 2) Hammer und Ambos sind Fortsätze des Unterkieferfortsatzes des ersten Kiembogens. Der Oberkieferfortsatz liefert 3) die Gaumen- und Flügelknochen. Der zweite Kiembogen liefert vor allem 4) den Steigbügel mit dem Musculus stapedius. Der dritte Kiembogen liefert 5) den Hammer und dessen grosse Hörner.

Das fortschreitende Wachsthum der schubförmigen Anlagen erleidet dieselbe ganz constante Krümmung. Zunächst entwickelt sich der Kopf durch die rasche Ausdehnung des Gehirns immer mächtiger und schnürt sich mehr von der Keimblase ab und wölbt sich empor, wobei er eine doppelte Krümmung

erleidet. Die erste fast rechtwinkelige Krümmung: vordere Kopfkrümmung biegt den Kopf in der Gegend der zweiten Hirnblase in einen hinteren und vorderen Theil ab. An der Stelle des verlängerten Marks und Rückenmarks findet sich eine zweite rechtwinkelige Krümmung: hintere Kopfkrümmung, Nackenhöcker. Eine ähnliche Krümmung erleidet der Körper später am entgegengesetzten Körperende (Schwanzkrümmung). Mit der weiteren Entwicklung des Halses hebt sich und streckt sich der Kopf wieder in die Höhe. Auch eine geringe Drehung von links nach rechts (besonders in den Schlangen ausgeprägt) zeigt sich. Der Embryo. Von oben betrachtet liegt dann der Kopf im Profil, während der Körper nach unten gerichtet ist.

Wenn wir einen gemeinen Ueberblick erkennen wir (KOLLIKER), dass der Leib der Wirbelthiere sich aus drei Keimblättern und sechs primitiven Organen, von denen zwei primäre sind. Diese primitiven Organe sind: 1) das Hornblatt; 2) die Medullarplatte, beide aus dem obersten Keimblatt; 3) die Chorda; 4) die Wirbelplatten; 5) die Seilenplatten aus dem mittleren Keimblatt und 6) das Darmdrüsenblatt, das untere Keimblatt.

Wenn wir, dessen kritischer Darstellung wir auch im Vorstehenden, soweit es sich auf die Entstehungsgeschichte bezieht, uns eng angeschlossen haben und auch in der Folge uns angeschlossen werden, fasst in Kürze die ersten Entwicklungszustände übersichtlich in der folgenden Weise zusammen:

Die morphologischen Vorgänge bei der Umbildung der drei Keimblätter in die aufgezählten Organe sind im Einzelnen sehr verschieden: doch findet sich ein Gedanke überall wieder, die Bildung von Blättern oder hautartigen Anlagen in Röhren. Wenn man zuerst von der Umgestaltung des mittleren Keimblattes absieht, so ist das Grundphänomen bei der Bildung des Wirbelthieres das, dass aus der blattartigen Anlage durch paarige Wucherung von einer Axe nach oben und unten (Evolutio bigemina v. BATA) genauer bezeichnet: Ausbiegen der Seitenwände nach unten und Bildung von Längswülsten neben der

Fig. 49.



Kopf eines Embryo, von unten gesehen, mehr vergr. Nach BUCHNER. a Vorderhirn, b Augen, c Mittelhirn, d Unterkieferfortsatz, e Oberkieferfortsatz der ersten Kiembogen, f f f 2-4 Kiembogen, g links, h rechts Herz, i linke Kammer, j rechte, k linke Kammer, l Aorta mit 3 Paar Arcus aortae.

oberen Mittellinie, die dann zu einem Canal schliessen, ein Leib mit einer oberen Nerven- und einer unteren Visceralhöhle entsteht. Das äussere Keimblatt erzeugt dabei notwendig eine Doppelröhre, nämlich einmal die Umhüllung des Ganzen oder das Hori- (Epidermis) und zweitens mit seinem mittleren Theil das Nervenrohr, während das untere Blatt (Darmdrüsenblatt) nur eine einfache Röhre bildet, das Darmepithelialrohr. Das mittlere Keimblatt liefert die Axe, die Chorda, und dann die Begrenzungen des Nerven- und Lungenrohrs oder die Wirbel und die Seitenplatten, welche die betreffenden Röhren endlich anfänglich nicht vollkommen umgeben. Ist so die erste Anlage gegeben, so wird durch die Vervollständigung des mittleren Keimblattes vervollständigt, was der primitiven Axe entsteht eine bleibende dadurch, dass die Wirbel die Chorda einwachsen und so die Wirbelkörperanlagen liefern. Der übrige Theil der Wirbel dient der Vervollständigung der Rücken- und Bauchwand. Der ersteren liefert er durch Spaltung verschiedene Lagen und zugleich durch Wucherung nach der oberen Mittellinie zu, die Bildung des Medullarrohrs, die Wirbelbogen und Nervenstämme und durch die Muskelplatte auch die tieferen Muskelschichten (die vertebralen Muskeln *Arnold*) und die Haut; der letzteren gibt er ebenfalls die Knochen (Rippen und Brustbein), die Muskeln (visceralen Muskeln *Arnold*) und Nerven, welche Theile alle aus den Seitentheilen der ursprünglichen Röhre hervorsprossen, d. h. von den Wirbelbogen, der Muskelplatte und den Nervenstämmen. In die Seitenplatten hineinwachsen, die dadurch in eine Cutisschicht und in eine innere Lagen (Darmfaserhaut oder, wie im Bereich der Pleuroperitonealhöhle, in die Serosa) gespalten wird. Während dies geschieht, wuchern die Seitenplatten, die im ganzen Bereich der Pleuroperitonealhöhle in eine äussere Hautplatte und eine innere Darmfaserplatte sich gespalten haben, mit ihrem inneren Ende nach innen unter der Axe durch zur Vervollständigung der Darmwand und zur Erzeugung des Gekröses, wo ein solches vorhanden ist. Wo Extremitäten vorkommen, sind sie Erzeugnisse der Seitenplatten, und zwar der äusseren Schichten derselben, welche an der Grenze gegen den Rücken einmal zu Muskel- und Knorpelgewebe sich differenzieren, die dann zur Bildung des Extremitätengürtels und seiner Muskeln in die Rücken- und Bauchwand hineinwuchern und zweitens durch mächtige Wucherung nach aussen die Anlage der eigentlichen Extremitäten erzeugen, welche dann unter Mittheilung von den Wirbeln aus einwachsenden Nerven wieder in ihre einzelnen Theile sich spalten. So entsteht durch ein merkwürdiges Ineinandergreifen der Leistungen der Wirbel und der Seitenplatten das ganze verwickelte innere Gefüge des Inneren des Leibes (*Kölln*).

Die Entwicklung der weiteren einzelnen Organe wird im speciellen Theile gegeben werden.

Es erübrigt noch eine Andeutung über das Amnion und die Entstehung der Allantois und Placenta, welche letztere bei den Kreislaufs- und Athemorganen näher beschrieben werden wird.

Die Bildung des Amnion ist schon oben in ihren Grundlagen dargestellt. Es ist (wenigstens bei dem Hühnchen) eine Fortsetzung der gesamten Haut, mit einer Epithelial- und einer (contractilen) Faserschicht, welche beide unmittelbare Fortsetzungen der Hautplatte sind. Es entsteht zunächst als eine durchsichtige, dem Embryo eng anliegende Folie, die sich über den Embryo erhebend endlich zu einer zarten Blase verwächst und von den Rändern der unteren Leibesöffnung ausgeht. Das Amnion hat zu keiner Zeit selbständige Gefässe.

Nach *Bischoff* entsteht die Allantois, der Harnsack, der Säugethiereembryonen als eine ursprünglich solide doppelte Wucherung der vorderen Beckenwand, die nachträglich einge- und hohl wird und sich mit dem Mastdarm in Verbindung setzt, sodass das Drüsenblatt derselben die hohlgewordene Allantoisanlage auskleidet. Die Allantois spielt für die Ernährung des Embryo eine sehr wichtige Rolle als Trägerin der Umbilicalgefässe. Die Allantois erscheint, wie gesagt, zuerst solid aus Zellen zusammengesetzt, bald bemerkt man in dem hirnformig werdenden Gebilde eine Höhle. Das so entstandene Bläschen vergrössert sich mehr und mehr, wird gestielt und trennt sich von der Wand der Beckendarmhöhle und tritt

schon erwähnt, mit dem Hinterdarm in Communication. Sehr früh entwickeln sich Gefäße auf der Allantois, die zu einer grösseren, ausserhalb des Embryo zwischen Dottersack und Amnion gelegenen Blase wird, welche mit einem hohlen Stiel (Urachus oder Harngang) an der vorderen Wand des Mastdarms in Verbindung steht. Der Urachus obliterirt zum Nabel, das bei dem Erwachsenen von dem Harnblasenscheitel zum Mastdarm führt. Die arteriellen Allantois-Gefäße erscheinen zunächst als Enden der beiden primären Aorten (Aa. vertebrales posteriores), später als stärkste Ausläufer derselben, die sekundären Aa. umbilicales. Aus einem zarten Netz, das sie auf der Allantoisblase bilden, gehen Arterien hervor: Vv. umbilicales, welche in den Rändern der Bauchwände nach vorne treten und mit den Venae omphalo-mesentericae gemeinschaftlich in einen Behälter einströmen, der mit dem venösen Theil des Herzens in Verbindung steht (KÖLLIKER). Indem die Arterien sich an die innere Chorionwand anlegt und ihre Gefäße in die Zotten der Allantois hineinwuchern und von da in das Gewebe der Uterinschleimhaut der Mutter gehen, entsteht die Placenta, welche von da an als Athmungs- und Ernährungsorgan des Embryo fungirt (cf. Athmungsorgane). Das Blut der Nabelvene ist nach der Ausbildung der Nabelarterie heller als das der Nabelarterie, es besteht hier ein ganz analoges Verhalten wie zwischen dem Blut der Lungenarterie und Lungenvene. Auf der Nabelblase entwickeln sich die Gefäße des ersten embryonalen Kreislaufs (Area vasculosa cf. Blutkreislauf II.). Sobald der Embryo durch die Gefäße des Allantois mit dem mütterlichen Blut communicirt (Placenta), so schrumpft die Nabelblase mit ihren Gefäßen und dem Ductus intestinalis zu einem dünnen Strang zusammen, da sie jetzt ihre Bedeutung für das Leben verloren hat. Die Allantois erhält die Secrete der Nieren (cf. Harn).

Nabel besteht aus zwei concentrischen Röhren. Die innere ist der Darmnabel (omphalo-entericus), er verbindet die Darmwand mit der Nabelblase; die äussere ist die Nabelvene und verbindet die Bauchwand des Embryo mit dem Amnion. Zwischen beiden Röhren liegt eine ringförmige Spalte, welche mit der Pleuroperitonealhöhle communicirt, und aus der der Urachus zur Allantoisblase hervorkommt. Durch den Abschnürungsprocess wird zunächst ein allseitig geschlossenes Darmrohr gebildet, welches mit der Visceralhöhle am vorderen Ende und in der hinteren Medianlinie verwachsen ist. Der Durchbruch der vorderen und hinteren Darmöffnung wird im speciellen Theile noch näher abgehandelt werden.



## Zweites Capitel.

### Die Chemie der Zelle.

---

#### Elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe.

In der Geschichte der Bildung der Organismen finden wir Formen, welche von den in der organischen Natur sich bethätigenden wesentlich verschieden scheinen.

Die ausgebildete Zellform charakterisirt sich durch ihre Constitution heterogenen Theilen. Es gehört zum Begriff des Organismus, also auch der, dass in ihm verschiedenartige Bestandtheile durch das Band der Lebtätigkeiten zu einem grösseren Ganzen vereinigt werden. Anders ist es bei den Formen der anorganischen Stoffe. Der Krystall lässt sich zertrennen in kleinere und kleinste Stücke, von denen jedes die wesentlichen Eigenschaften des Mutterkrystalles, dessen Grundform besitzt.

Während die organische Formeinheit der Zelle erst an einer grösseren Zahl zu einem Ganzen vereinigter Stoffmoleküle in Erscheinung treten kann, die anorganische Formeinheit des Krystalles die Eigenschaft jedes einzelnen Stofftheilchens.

Entsprechend dieser Verschiedenheit in den Gestaltungsgesetzen scheint der Gedanke nahe zu liegen, dass auch die Stoffe, welchen durch das Leben organische Form eingeprägt werden kann, wesentlich verschieden sein müßten von den Stoffen der anorganischen Natur.

Die Chemie lehrt gegen dieses scheinbare Vernunftpostulat, dass die chemischen Elementarstoffe der Organismen nicht nur auch sonst auf der Erde in anorganischen Verbindungen vorkommen, sondern dass gerade die allervielgestaltigsten die chemische Grundlage der belebten Wesen darstellen.

In der Zelle haben wir die einfache schematische Form erkannt, auf welche sich alle Gestaltungsunterschiede der organischen Natur zurückführen lassen. Dieser Einfachheit der Gestalt der Organismen steht als nicht minder raschende Thatsache die Einfachheit ihrer elementaren chemischen Zusammensetzung gegenüber.

Wie wir die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskopes als die Grundlage der Fortschrittmöglichkeit in der Erkenntniss der Formgesetze der Organismen erkannt haben, so begegnen wir bei den folgenden Betrachtungen des Chemismus der Zelle einem nicht weniger souveränen Hilfsmittel der Untersuchung, auf welchem die grösste Zahl der mitzutheilenden Entdeckungen beruht.



chemischen Elementaranalyse der organischen Stoffe. Sie hat ihre Ausbildung vor allem durch Justus von Liebig erfahren. Die Methode besteht vorwiegend in einer kunstgerechten Verbrennung der organischen Stoffe, welche es erlaubt, die entstandenen Verbrennungsprodukte zu sammeln, zu wiegen und einer näheren chemischen Untersuchung zu unterwerfen.

Mit Hülfe dieser Methode hat die Wissenschaft gefunden, dass die eigentlich organisch-chemischen Stoffe nur aus einer äusserst geringen Anzahl einfacher Elementarstoffe zusammengesetzt sind. Nur 7 von den über 60 Elementen der Chemie, aus denen sich der Körper unseres Planeten bestehend zeigt, betheiligen sich zunächst an der chemischen Bildung der organischen Stoffe. Es sind diese: Sauerstoff O, Stickstoff N, Wasserstoff H, Kohlenstoff C, Schwefel S, Phosphor Ph, Eisen Fe. Ein kleiner Theil der organischen Stoffe besteht nur aus zwei dieser Elemente und zwar aus Kohlenstoff, der in keiner organischen Verbindung fehlt, und aus Wasserstoff (die natürlichen Kohlenwasserstoffe), oder aus Kohlenstoff und Sauerstoff (die wasserfreie Oxalsäure <sup>1)</sup>).

Weitaus die grösste Anzahl der im Thierkörper vorkommenden organisch-chemischen Verbindungen (die Mehrzahl der organischen Säuren, die Kohlehydrate und Fette) bestehen in ihrer Elementarzusammensetzung aus drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Das Verhältniss, in welchem sich der Sauerstoff zu dem Wasserstoff in den Verbindungen findet, ist ein verschiedenes. Bei den hierher gehörigen organischen Säuren bleibt, wenn man sich allen Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser vereinigen denkt, noch ein Ueberschuss von Sauerstoff zurück. Die Kohlehydrate behalten ihren Namen von der Eigenschaft, dass in ihrer Zusammensetzung Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältnisse eingetreten sind, dass sie ausreichen würden, mit einander Wasser zu bilden. Bei den fetten Säuren zeigt sich ein Ueberschuss von Wasserstoff; nur ein Theil des Wasserstoffes fände Material an vorhandenem Sauerstoff vor, um sich mit ihm zu Wasser zu vereinigen.

Eine weitere Reihe organischer Stoffe enthält ausser jenen drei Elementarstoffen noch Stickstoff; sie werden als stickstoffhaltige Verbindungen oder besser genannten als den stickstofffreien gegenübergestellt. Man rechnet auch diese Gruppe auch die höchst zusammengesetzten chemischen Produkte der Lebensthätigkeit, welche Schwefel (Phosphor oder Eisen) in ihrer Constitution besitzen.

Hierher gehören die stickstoffhaltigen organischen Säuren und Alkaloide oder organischen Alkaloide und indifferenten krystallinischen Körper. Einige derartige krystallinische Stoffe enthalten auch Schwefel.

Zu den höchst zusammengesetzten organischen Stoffen gehören die Eiweissstoffe, unter denen das eigentliche Eiweiss oder Albumin als Hauptrepräsentant anzusehen ist. Sie enthalten ausser Stickstoff auch Schwefel. In der neuesten Zeit ist man darauf aufmerksam geworden, dass im Thierorganismus noch complicirtere Substanzen als die Eiweissstoffe sich finden, die durch ihre Zersetzung Hämoglobine liefern; hierher gehört das Hämoglobin und Vitellin, von denen das letztere Eisen, vielleicht beide Phosphor in ihrer Zusammensetzung enthalten.

In den lebenden Organismen finden sich die organischen Stoffe, deren Zu-

<sup>1)</sup> Die nähere chemische Charakteristik der Stoffe folgt unten.

sammensetzung wir eben besprochen haben, gemischt oder in chemischen Verbindungen mit einer procentisch meist geringen Menge von Stoffen anorganischer Natur, welche die Eigenschaften derselben für das Leben der Organismen wesentlich Weise umgestalten, sodass diese anorganischen Stoffe für das Leben des Organismus und für die Lebensvorgänge in demselben von nicht geringer Bedeutung sind, als die angeführten organischen Verbindungen, auch die verbrennlichen Stoffe der pflanzlichen wie thierischen Organe bestehen, betheiligen sich an der Bildung und Rückbildung der Organbestandtheile vorwiegend dadurch, dass sie bestimmte chemische Zersetzungen und Verbindungen der organischen Stoffen einleiten und selbst mit ihnen in Verbindung treten.

Wenn ein wasserfreier pflanzlicher oder thierischer Körper verbrennt, mit Sauerstoff verbindet, so wird die Hauptmasse desselben, die aus den genannten Elementen besteht, in gasförmige Verbrennungsprodukte übergeht. Ihr Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure (Kohlendioxyd  $\text{CO}_2$ ), der Wasserstoff verbindet sich ebenfalls zum Theil mit Sauerstoff zu Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ein anderer Theil geht in gasförmiger Verbindung mit Stickstoff, wenn solcher zu der organischen Constitution des verbrennenden Körpers gehörte, als Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in die umgebende Atmosphäre. Phosphor und Schwefel bleiben in ihren entsprechenden Sauerstoffverbindungen (Phosphorsäure, dreibasische Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) nach dem Verbrennen verbunden mit den anorganischen Stoffen als Asche zurück. Die nach der Verbrennung zurückbleibenden festen Stoffe werden als Aschenbestandtheile von den organischen Bestandtheilen unterschieden. Es wird durch die Aschenbestandtheile auch ein Theil der Kohlenstoff der Verbrennung des Kohlenstoffes erzeugten Kohlensäure gebunden, sodass die Kohlensäure zu den Bestandtheilen der Asche gerechnet werden muss. In den genannten finden sich in der Asche noch folgende Stoffe: Von Nichtmetallen: Chlor  $\text{Cl}$ , Fluor  $\text{Fl}$ , Kiesel (Silicium)  $\text{Si}$ ; von Metallen, und zwar Alkalien: Kalium  $\text{K}$ , Natrium  $\text{Na}$ , von alkalischen Erden: Calcium  $\text{Ca}$ , Magnesium  $\text{Mg}$ , und normal als schweres Metall: Eisen  $\text{Fe}$ , oft mit Mangan ( $\text{Mn}$ ), dem Begleiter des Eisens in der anorganischen Natur, bei gewissen niederen Thieren (cf. Blut) Kupfer  $\text{Cu}$ .

Die Alkalien und alkalischen Erden sind in der Asche meist an Schwefelsäure und Phosphorsäure, auch an Kohlensäure gebunden. Ein Theil der Alkalien tritt auch als Chlorverbindungen. Das Fluor kommt als Fluorcalcium (Calcium  $\text{Ca Fl}_2$ ), das Silicium als Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) in den Aschen vor.

Zu den anorganischen Bestandtheilen der Organismen gehört vor allem das Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), das die Hauptmasse der organisirten Körper ausmacht. Die Pflanzenstoffe enthalten davon mehr als 90%; auch die thierischen Organe bestehen theilweise bis zu 75% und mehr aus Wasser, doch ist der Wassergehalt der verschiedenen Organe sehr wechselnd, er schwankt auch aus physikalischen Ursachen.

### Chemismus der Pflanzen- und Thierzelle.

Die Hauptmasse der organisirten Körper, der Pflanzen und Thiere, besteht, abgesehen von dem Wasser, aus Kohlenstoffverbindungen, von welchen wir gesehen haben, die einfacheren noch Wasserstoff und Sauerstoff



stoff enthalten. Die organischen Stoffe werden in den Pflanzen aus anorganischen Nährstoffen, vor allem aus Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure oder Ammoniak gebildet. In welcher Weise aber diese einfachen Verbindungen zu den complicirten Stoffen umgewandelt werden, aus denen sich die Pflanze zusammensetzt zeigt, darüber wissen wir bisher noch sehr wenig. So viel steht fest, dass die Bildung der organischen Stoffe in der Pflanze denselben Gesetzen folgt, nach denen die chemischen Verbindungen auch ausserhalb der Zelle entstehen. So ist die künstliche Bildung organischer Stoffe den Chemikern noch nicht gelungen, könnte man glauben, dass in der lebenden Zelle die Stoffbildung ganz anderen Gesetzen unterliegt als in der anorganischen Natur. Im Jahre 1828 hat Wöhler den Beweis geliefert, dass man im thierischen Organismus sich bildende Verbindungen aus den Elementen künstlich zusammensetzen könne. Er machte die Entdeckung, dass Ammoniumcyanat, das sich leicht aus den Elementen erhält, in wässriger Lösung eingedampft sich in Harnstoff verwandelt. Seit jener Zeit ist eine Anzahl im Organismus entstehender Verbindungen künstlich dargestellt worden, und täglich wächst diese Zahl, sodass wir hoffen können, endlich die Stoffvorgänge in den Pflanzenzellen ganz verstehen zu lernen.

Zwischen den anorganischen Stoffen, aus denen die Pflanze ihre organischen Theile bildet, und den organischen Stoffen selbst erkennt man sogleich einen wesentlichen Unterschied. Die ersteren sind Verbrennungsproducte, meist Sauerstoffverbindungen, welche so viel Sauerstoff in sich haben, dass bei den gewöhnlichen Oxydationsbedingungen kein weiterer Zutritt dieses Stoffes in die Verbindung möglich ist, sie sind vollkommen oxydirt.

In den organisch-chemischen Verbindungen hingegen fehlt entweder der Sauerstoff gänzlich, oder er ist nur in so geringer Menge vorhanden, dass noch immer eine mehr oder weniger bedeutende Quantität desselben nothwendig ist, aus den sie zusammensetzenden chemischen Elementen Verbindungen mit anorganischem Charakter herzustellen. Die organischen Verbindungen können also noch höher oxydirt werden, sie sind alle verbrennlicher Natur.

Dieser Charakter der Verbrennlichkeit, welcher die organischen Stoffe kennzeichnet, wird den Elementarverbindungen der organischen Welt, indem sie Bestandtheile eines Pflanzenorganismus werden, erst aufgedrückt. In dem Laboratorium der Zelle müssen sich also Vorgänge finden, welche die aus der Umgebung entnommenen Sauerstoffverbindungen entweder gänzlich von ihrem Sauerstoff befreien oder diesen doch zum Theil aus ihnen abscheiden, Vorgänge, die man im Allgemeinen mit dem Namen der Desoxydation, Reduction bezeichnet. Die Kraft, welche die chemischen Verbindungen des Sauerstoffs, der die stärkste Verwandtschaftliche Attraction zu allen Elementen besitzt, zusammenhält, muss auch eine grössere, in den Zellen zur Wirksamkeit kommende Kraft überbieten finden, so dass der Sauerstoff bei der Bildung der organischen Stoffe frei werden kann.

Es war eine der grössten Entdeckungen der Physiologie, als man erkannte, dass diese Kraft der Desoxydation in den Pflanzenzellen nur zur Wirksamkeit kommt unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, dass diese Kraft von dem Sonnenlicht geliefert werde. Dieser Entdeckung steht die andere als nicht weniger wichtig zur Seite, dass die Lebenserscheinungen der thierischen Zelle nicht mit derartigen Desoxydationsprocessen, sondern im Gegentheile mit



Aufnahme von Sauerstoff, mit modificirten Oxydationsvorgängen verbunden sind.

Es war damit das Dunkel des Zusammenhanges des Thier- und Pflanzenreiches erhellt. Die chemischen Vorgänge in den Zellen der grünen Pflanzen und in den Thierzellen sind principiell von einander verschieden. Während die Pflanzenzelle anorganische Sauerstoffverbindungen in sich als Nahrungsmittel aufnimmt und sie durch Desoxydation in organische Stoffe verwandelt, verwandelt die thierische Zelle, die ihre Nahrung aus dem Pflanzenreiche bezieht, die von der Pflanze gebildeten organischen Stoffe zurück in einfache, anorganisch zusammengesetzte Sauerstoffverbindungen.

Das organische Leben stellt sich danach chemisch als ein in sich geschlossener Kreislauf des Stoffes dar.

Die Pflanze eignet sich Stoffe aus der sie umgebenden anorganischen Natur an, aus Luft und Boden, und macht sie zu Bestandtheilen ihres Körpers. Die Bestandtheile der Pflanze werden zu Bestandtheilen des Thieres, die Bestandtheile des Thieres wieder zu Bestandtheilen des Bodens und der Luft, aus denen die Pflanze sie für das organische Leben zurück gewinnt. Der Kohlenstoff der Kohlensäure der Luft wird zum Kohlenstoff der Cellulose, des Stärkemehls, des Zuckers, des Fettes, des Klebers und des Albumins, er wird zum Kohlenstoff unseres Fleisches, unseres Blutes, unserer Nervensubstanz und kehrt aus diesen in der Form von Kohlensäure wieder in die Luft zurück, aus der er stammte. Ebenso wie bei dem Kohlenstoffe ist für alle chemischen Elemente des animalen Leibes und der diese zusammensetzenden Zellen der Ursprung aus der anorganischen Natur nachzuweisen, aus denen sie von der Pflanze aufgenommen und zu organisch-chemischen Verbindungen verarbeitet werden, aus denen der thierische Organismus seine Organe aufzubauen vermag. Der letztere eignet sich die von der Pflanze vereinigten Stoffe an, im Allgemeinen nicht etwa um sie in noch höhere und complicirtere Producte zu verwandeln, sondern um sie zu zersetzen und ihnen die Eigenschaften der anorganischen Körper wieder zu ertheilen.

Wir verstehen so, wie die chemische Zusammensetzung der thierischen und pflanzlichen Zelle im Wesentlichen eine gleiche sein kann. Wir finden in beiden die höchst zusammengesetzten organischen Stoffe neben andern, welche sich weniger von den chemischen Verbindungen anorganischer Art unterscheiden. In den Pflanzenzellen müssen aber diese letzteren der Mehrzahl nach als Vorstufe zur Bildung der höchsten Producte der organisch-chemischen Lebensvorgänge angesehen werden, bei den Thierzellen dagegen als die Zeugen einer regressiven Thätigkeit, als die Zersetzungsproducte der höher zusammengesetzten Stoffe.

Wir finden somit einen principiellen Unterschied in dem Chemismus der Zellen, je nachdem sie einem der beiden organischen Reiche zugehören; aus ihm erklärt sich die wesentliche Verschiedenheit der Lebensäusserungen der Pflanzen- und Thierzelle. Während die eine — die chlorophyllhaltige Pflanzenzelle — von aussen her Kräfte beziehen muss, um die Trennung der festen chemischen Verbindungen, die sie als Nahrung aufnimmt, zu Stande zu bringen, vermag die andere — die Thierzelle — die Stoffzersetzung unter Sauerstoffaufnahme, welche auch in der anorganischen Natur eine Hauptquelle mechanischer Leistungen ist, zur Hervorbringung von Kraftäusserungen ausserhalb ihres Körpers zu verwenden. Die Pflanzenzelle verbraucht bei ihren chemischen Vorgängen Kräfte, die sie

• Licht und Wärme von der Sonne bezieht; die Thierzelle producirt durch ihre chemischen Vorgänge Kräfte, die vor allem als Wärme, Electricität und mechanische Bewegung erscheinen.

### Die Pflanzenzelle.

Die Unterschiede in den chemischen Vorgängen, welche wir zwischen Pflanzen- und Thierzelle kennen gelernt haben, lassen sich, wie schon angedeutet, auch zwischen den chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen, unter dem Einfluss einer genügenden Lichtstärke, und den animalen Zellen erkennen.

Der chemische Vorgang in den Pflanzenzellen ist ein doppelter. Zu ihrer Stoffbildung nehmen sie jene einfach zusammengesetzten Sauerstoffverbindungen zu sich auf, aus denen in den chlorophyllhaltigen Zellen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes und unter Ausscheidung von Sauerstoff die sauerstoffarmen organischen Pflanzenbestandtheile gebildet werden. Auf diesem Vorgang beruht das Wachsthum der Pflanzen mit chlorophyllhaltigen Organen an Masse, ihre Assimilation. Diese Fähigkeit der Assimilation geht aber allen nicht chlorophyllhaltigen Pflanzenorganen oder ganzen Pflanzenindividuen ab, ebenso fehlt auch den chlorophyllhaltigen Pflanzen und Pflanzenorganen bei zu geringer Lichtintensität die Fähigkeit, aus Wasser und Kohlensäure unter Mitwirkung anderer anorganischer Stoffe organische Substanzen zu erzeugen.

Das Leben der Pflanzenzelle ist aber nicht allein auf Vorgänge der organischen Stoffbildung aus anorganischen Stoffen, der Assimilation, beschränkt.

In den chlorophyllhaltigen Zellen selbst oder nach dem Uebertritt in andere Organe erleiden die Assimilationsproducte mannigfache chemische Umwandlungen, die nicht mit einer Abscheidung von Sauerstoff, sondern mit einer Umlagerung der Moleküle, meist mit einer Aufnahme geringer Sauerstoffmengen und Ausathmung kleiner Kohlensäurevolumina verbunden sind. Diese Reihe chemischer Vorgänge, die unabhängig von der Einwirkung des Lichtes und Chlorophylls vor sich geht, pflegt man von der Assimilation als Stoffwechsel zu unterscheiden. Durch den Stoffwechsel wird im Allgemeinen die Masse der assimilirten Pflanzenbestandtheile vermindert. Die Zunahme der chlorophyllhaltigen Pflanzen an organischen Stoffen beruht also auf einem Uebergewicht der assimilirenden Thätigkeit der chlorophyllhaltigen Organe im Lichte gegenüber der durch den Stoffwechsel bedingten Stoffverminderung. Während die Assimilation nur im Lichte und in den chlorophyllhaltigen Organen stattfindet, geht der Vorgang des Stoffwechsels beständig in allen Pflanzenorganen vor sich. Alle Pflanzen haben sonach einen beständig fortschreitenden Athmungsvorgang, der in Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe wie bei den Thieren besteht. Doch ist diese Art der Athmung bei den Pflanzen meist nur eine sehr geringe, sie wird von der im Lichte in den chlorophyllhaltigen Pflanzenorganen stattfindenden vegetativen Pflanzenathmung mit Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff weit überbunden, wenigstens in den Vegetationsperioden, in welchen der Assimilationsvorgang einen lebhaften Verlauf nimmt.

Die Lebensvorgänge in den Pflanzen, welche nicht zu der Assimilation gehören, sind wie die in den Thieren von einer Stoffzersetzung abhängig. Die Bildung von Wärme und Electricität in den Pflanzenorganen, die Bewegungen des Proto-



plasmas, die Bildung und Vergrößerung der Zellen findet auf Kosten vorher assimilierter Stoffe statt, welche dabei einer Veränderung im Sinne des Stoffwechsels unterliegen.

Das Wachsthum der Pflanzen setzt wie das der Thiere die vorhergehende Assimilation von organischen Stoffen aus den anorganischen Nährbestandtheilen voraus; der Unterschied besteht aber darin, dass die Thiere diesen Assimilationsvorgang nicht selbst einzuleiten vermögen und daher die von der chlorophyllhaltigen Pflanze assimilirten Substanzen zum Aufbau und zur Erneuerung ihrer Organe in sich aufnehmen müssen, während sich die chlorophyllhaltige Pflanze selbst die Stoffe bildet, die sie für ihre mit Kraftaufwand verbundenen Lebensthätigkeiten bedarf. Zu diesem Zwecke werden die in den chlorophyllhaltigen Organen im Lichte gebildeten organischen Pflanzenstoffe allen anderen Pflanzentheilen zugeleitet, sie können aufgespeichert werden, um erst in der Folge in Verwendung zu finden, wenn wie im Frühjahr bei sehr vielen Pflanzen oder den Samen die Wachsthumsprozesse beginnen, ehe chlorophyllhaltige Organe ihre stoffbildende Thätigkeit entfalten können. Die chlorophyllfreien Pflanzen (Schmarötzer und Humusbewohner) assimiliren ebensowenig wie die animalen Organismen, sie nehmen wie diese schon organisirte Stoffe in sich auf, in ihnen findet nur ein Stoffwechsel statt mit Einathmung von Sauerstoff und Ausathmung von Kohlensäure. Die assimilirende Thätigkeit der Pflanzen hat also vorzüglich drei Aufgaben zu genügen. Sie liefert die Stoffe, auf deren Verbrauch ihre eigene mit dem Verlust von Spannkraften verknüpften Lebensthätigkeiten beruhen, sie liefert weiter die Stoffe für den Aufbau und die Kräfteerzeugung der Schmarötpflanzen und der animalen Organismen (SACHS).

Die Assimilationsvorgänge in der Pflanzenzelle sind an das Vorhandensein des Protoplasmas geknüpft, das in seiner Modification als grünes Chlorophyllkorn die Fähigkeit zur Verwendung des Lichtes zum Zwecke der Einleitung von Desoxydationen erhält. In Chlorophyllkörnern selbst lagern sich die unter ihrer Einwirkung sich bildenden organischen Stoffe (meist Stärkekörnchen) ab. Ob die Bildung der Eiweissstoffe nur unter der Einwirkung des Lichtes stattfindet, ist bisher noch ein Gegenstand der Controverse.

Die Zelle der Pflanze benützt zum Aufbau ihrer Wandungen, die aus Zellstoff (Cellulose) bestehen, die Stärke, die Zuckerarten, das Inulin und die Fette; als Baumaterial für Protoplasma und die Chlorophyllkörper dienen vor allem die Eiweissstoffe. Für die Fettbildung im animalen Organismus ist es wichtig, dass man durch Beobachtung an keimenden Samen etc., die ihre ersten Organe nur aus ihren Reservestoffen ohne Assimilation bilden müssen, mit vollkommener Sicherheit nachweisen kann, dass sich Fette aus Kohlehydraten leicht in das andere verwandeln können, dass die Pflanze Fette aus Zuckern, Stärke, Zucker und Cellulose ebenso benützt, wie sie aus diesen Kohlehydraten Fette entstehen lässt zum Beweise, wie innig die Verwandtschaft zwischen Fetten und Kohlehydraten sein muss.

Dem Stoffwechsel der Pflanzen entstammen ausser den letzten Produkten der Zersetzung der organischen Stoffe Kohlensäure, Wasser von Kohlehydraten und Fetten, Ammoniak und Schwefelsäure, welche dazu die Zersetzung von Albuminaten liefert, Degradationsprodukte und Nebenprodukte des Stoffwechsels. Zu den ersteren gehören Bissorin und der Schleim, in welchen sich die Zellwände bei den Quitten- und Leinwand verwandeln. Auch körnige Degradationsprodukte des Protoplasmas kommen vor, z. B. an Stelle der grünen Chlorophyllkörner anders gefärbte, oder, wie in den absterbenden Zellen, nur kleinste gelbe Körnchen. Als Nebenprodukte, welche für das Zellenleben



Bedeutung haben, können wir eine lange Reihe von Farbstoffen, Alkaloiden, Gerbstoffen, Wachs etc. bezeichnen.

Unterschied zwischen Pflanzen- und Thierzelle ist also auch in dieser Beziehung kein durchgreifender. Er bezieht sich allein auf die Fähigkeit der Assimilation, die der Zelle abgeht (cf. unten), welche die chlorophyllhaltige Pflanzenzelle im Lichte besitzt, aber bei Mangel des Lichtes und der Chlorophyllkörper wohl immer ebenso entbehrt die Thierzelle.

Der thierische Organismus von den in der Pflanze assimilirten Stoffen seine Organe ernährt und erneuert, so wollen wir noch einen Blick auf die Hauptnährstoffe organischer Nahrung werfen, welche die Pflanze dem Thiere liefert.

Die Oekonomie der thierischen Zelle sind nicht alle in der Pflanze gebildeten Stoffe thätig. Im Allgemeinen ist es verhältnissmässig nur eine kleine Anzahl von Verbindungen, welche die thierische Zelle zu ihrem Aufbau der Pflanzenwelt entlehnt. Wir zunächst von den anorganischen Stoffen ab, so sind vor allem wichtig für das Thier die höchstzusammengesetzten Produkte des pflanzlichen Zellenchemismus: die Nucleate oder Eiweissstoffe, deren rationelle chemische Formel noch nicht ermittelt ist. Die Pflanze erzeugt mehrere Modificationen des Eiweisses.

In Pflanzensaften ist das eigentliche Pflanzenalbumin enthalten, das in seiner Zusammensetzung mit dem im Thierreiche vorkommenden Eiweisse identisch erscheint. In den Getreidefrüchten findet sich in ziemlicher Menge der Kleber, der aus zwei Substanzen besteht, welche Pflanzenleim und Pflanzenfibrin genannt werden. In den Samen der Hülsenfrüchte, der Bohnen, Erbsen, Linsen das Pflanzen- oder das Legumin. Die Albuminate erscheinen in zwei Modificationen, in einer löslichen und unlöslichen. In ersterer bilden sie einen wesentlichen Bestandtheil des Zellinhaltes, in der zweiten betheiligen sie sich an dem Aufbaue der Zellen, deren Theile im Pflanzen- und Thierreiche der Hauptmasse nach aus der in Wasser gelösten Eiweissmodification oder aus sehr nahestehenden chemischen Abkömmlingen bestehen. Die lösliche Modification geht durch bestimmte chemische Vorgänge in der Zelle in die unlösliche über; künstlich kann dies auf verschiedene Weise, z. B. durch Säuren hervorgebracht werden.

Die unlöslichen Albuminate stehen als ebenfalls sehr bedeutungsvoll für den thierischen Organismus. Die Kohlehydrate, von denen ein Theil in Wasser löslich, ein anderer, unlöslicher, in der Pflanzenreiche als Material für die Bildung der äusseren Zellmembranen (Cellulose), Bildung fester, organisirter Körnchen im Zellinhalte (Stärke) sich benützt findet.

Man bemerkt eine grosse Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung, wodurch die Möglichkeit des Ueberganges des einen Kohlehydrates in das andere verständlich wird, deren rationelle Formel noch nicht bekannt ist:

Cellulose . . . . .	$C_6 H_{10} O_5$
Stärkemehl . . . . .	$C_6 H_{10} O_5$
Dextrin . . . . .	$C_6 H_{10} O_5$
Gummi . . . . .	$C_6 H_{10} O_5$
Inulin . . . . .	$C_6 H_{10} O_5$
Traubenzucker . . . . .	$C_6 H_{12} O_6$
Fruchtzucker . . . . .	$C_6 H_{12} O_6$
Rohrzucker . . . . .	$C_{12} H_{22} O_{11}$

Die verschiedenen reichlich in den Pflanzen sich findenden organischen Säuren können als Nahrung der Thierzelle verbraucht werden, z. B.:

Die genauere chemische Gruppierung der organischen Stoffe findet sich bei der Beschreibung der Bestandtheile der Thierzelle, worauf hier verwiesen werden muss.

Essigsäure . . . .	$C_2 H_4 O_2$
Apfelsäure . . . .	$C_4 H_6 O_6$
Weinsäure . . . .	$C_4 H_6 O_6$
Citronensäure . . . .	$C_6 H_8 O_7$

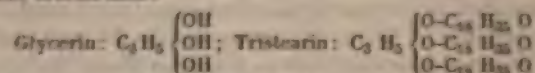
Wichtiger als diese, im Ernährungswerte auch den Kohlehydraten vorgehend, Fette und Oele.

Sie unterscheiden sich von den Kohlehydraten durch viel geringeren Gehalt an Sauerstoff. Sie sind in dem Pflanzenreiche sehr verbreitet; es giebt wohl keine Pflanze u. Thiergruppe, in denen nicht wenigstens Spuren von Fett oder Oel vorkämen.

Sie sind in ihrer chemischen Constitution erkannt. Meist sind sie Gemische aus Glycerin der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure. Beim Kochen mit Kali- oder Natronlauge

gibt aus den Fetten ein Alkohol: Glycerin  $C_3 H_5$   $\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix}$  und fettsaure Salze der

Metalle, indem das Fett durch Wasseraufnahme in die Fettsäure und den Alkohol zerfällt. Man bezeichnet z. B. das Stearin, ein festes Fett, als Glycerylristearat oder Tristearin. Glycerin, in welchem durch das Radical der Stearinsäure (v. u.) die 3 Atome Wasserstoff des Hydroxyls (OH) ersetzt sind:



Die fetten Säuren, von denen viele in Thier- und Pflanzenzellen fertig gebildet kommen, bilden eine ziemlich grosse Reihe. In den natürlichen Fetten kommen mehrere von ihnen vor.

Die Zusammensetzung der Fettsäuren zeigt die allgemeine Formel:  $C_n H_{2n} O_2$ . den Säuren dieser Reihe, welche aus den Fetten abgeschieden werden können: wässrige Fettsäuren, finden sich im Saft der Pflanzenzelle noch andere Säuren, die gleichen Zusammensetzungs-Schema in reichlicher Menge vor, die flüchtigen Fettsäuren, die sich durch einen höheren Sauerstoffgehalt auszeichnen und vielleicht als Vorstufen für die Bildung der eigentlichen Fettsäuren aufzufassen sind. Sie bilden eine Reihe, bei welcher der Sauerstoffgehalt im Verhältnisse zu den beiden übrigen Elementen immer mehr abnimmt:

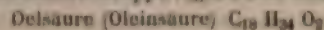
#### I. Flüchtige Fettsäuren:

Ameisensäure . . .	$C H_2 O_2$
Essigsäure . . .	$C_2 H_4 O_2$
(Propionsäure) . .	$C_3 H_6 O_2$
Buttersäure . . .	$C_4 H_8 O_2$
(Valeriansäure) . .	$C_5 H_{10} O_2$
Capronsäure . . .	$C_6 H_{12} O_2$
Oenanthylsäure . .	$C_7 H_{14} O_2$
Caprylsäure . . .	$C_8 H_{16} O_2$
(Pelargonsäure) . .	$C_9 H_{18} O_2$
Caprinsäure . . .	$C_{10} H_{20} O_2$

#### II. Eigentliche Fettsäuren:

Laurinsäure . . .	$C_{12} H_{24} O_2$
Myristinsäure . .	$C_{14} H_{28} O_2$
Palmitinsäure . .	$C_{16} H_{32} O_2$
Stearinsäure . . .	$C_{18} H_{36} O_2$

Meist kommt mit diesen Säuren auch die Oelsäure gemischt vor, welche jedoch zu einer anderen, aber sehr nahe verwandten Gruppe organischer Säuren angehört:





Die Fette treten theils vertheilt durch das ganze Pflanzenparenchym auf, theils in gewissen Pflanzenorganen angehäuft, namentlich in den Samen.

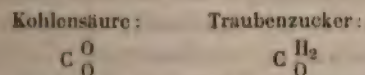
Man unterscheidet je nach der Consistenz Fette und Oele. Unter den pflanzlichen stehen obenan die sehr feste Cacaobutter, ein Gemisch der Glycerinäther der Stearin- und Palmitinsäure; das butterartige Palmöl, bestehend aus den Glycerinäthern der Palmitin- und Oelsäure, und die weiche Cocosnussbutter, in welcher der Glycerinäther der Coccinsäure mit dem der Oelsäure verbunden ist. Von den pflanzlichen Oelen wird das Oliveöl (mit Oelsäure und Palmitinsäure) vielfach als Nahrungsmittel benutzt. In dem Mandel- und Rapsöl findet sich nur Oelsäure.

Die grosse Reihe weiterer chemischer Stoffe, welche in der Pflanze erzeugt werden, können zwar unter Umständen auch zu den Zwecken des thierischen Organismus verwendet werden, sie treten jedoch theilweise ihres hohen Sauerstoffgehaltes wegen in ihrer Bedeutung für das Bestehen der thierischen Zelle so sehr in den Hintergrund, dass wir sie hier durch übergehen können.

Werfen wir dagegen, ehe wir diesen Gegenstand verlassen, noch einmal einen schliesslichen Blick auf die Art der Entstehung der pflanzlichen organischen Stoffe.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass der höchst zusammengesetzte chemische Pflanzstoff, das Albumin erst nach vollkommener Ausbildung der Pflanze als höchstes und reifes Produkt ihrer chemischen Thätigkeit gebildet wird. Wir finden darum dasselbe in vorzüglicher Menge in den Pflanzensamen stets neben einer reichlichen Menge von Stärkekornen. Die entstehende, noch unentwickelte Pflanze findet in diesen beiden Stoffen das Material zur Bildung ihrer Organe, die alle Eiweiss und meist aus Stärkemehl entstandene Kohlenhydrate enthalten, in hinreichender Menge schon fertig gebildet vor. Die Pflanze erbaut sich aus diesen beiden Stoffen, indem sie Zelle auf Zelle entstehen lässt. Endlich hat sie die Ausbildung erreicht, die sie bedarf, um selbständig an die Herstellung neuer organischer Stoffe aus den Elementen gehen zu können. Wenn sich die ersten Blättchen und die Wurzel gebildet haben, beginnt die Pflanze ihr selbständiges Leben. Dieses besteht vor allem in der Aufnahme von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak und in einer correspondirenden Abgabe von Sauerstoff an die umgebende Luft zum Beweise, dass nun jene Processe der Reduction im Innern der Pflanzenzellen stattfinden, auf denen in Verbindung mit den Vorarbeiten der Synthese und Substitution die Bildung der organischen Stoffe beruht.

Es ist klar, dass die Pflanzenstoffe, da sie alle Kohlenstoff enthalten, den ihnen die einatomige Kohlensäure liefert, als mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome angesehen werden müssen. So kann man z. B. den Zucker in seiner einfachsten empirischen Formel als Kohlensäure auffassen, in welcher 4 Aeq. Sauerstoff vertreten ist durch 2 Aeq. Wasserstoff (LIEBIG):



Die Kohlensäure wird also bei der Bildung der organischen Stoffe nicht zerlegt, sondern es werden nur ihre Bestandtheile ausgetauscht. Die organischen Säuren in den Pflanzen, die Oxalsäure, Aepfelsäure, Citronensäure etc. pflegt man als Zwischenglieder anzusehen zwischen der Kohlensäure, dem Zucker, Stärkemehl und Cellulose, welche den allmählichen Uebergang der Kohlensäure in einen Pflanzenthail vermitteln. LIEBIG hat gezeigt, dass rückwärts aus Zucker Weinsäure durch Sauerstoffaufnahme gebildet werden kann. Weinsäure und Aepfelsäure, die in einander übergeführt werden können, kommen z. B. in reifenden Trauben vor der Zuckerbildung in reichlicher Menge vor. Für die Erzeugung der Albuminate in den Pflanzen finden wir in den Nährpflanzen, die am reichsten daran sind, keine stickstoffhaltige Substanz, ausser Ammoniak, an die wir ihre Bildung knüpfen könnten. Es entsteht vielleicht durch die Vereinigung von Ammoniak mit Zucker und unter Austreten von Wasser und Sauerstoff, indem noch in irgend einer Weise sich Schwefel mit diesem Atomcomplex vereinigt (LIEBIG). Nach den Angaben von PASTEUR u. a., welche LIEBIG bestreitet, könnte



wenigstens die Hefe (also ohne Sauerstoffausscheidung) ihre Albuminate bilden in Mischungen, welche weinsaueres Ammoniak, Zucker und die Aschenbestandtheile der Hefe enthalten.

### Die Thierzelle.

Wir sehen das Leben der Pflanze an einen innigen Wechselverkehr mit der Atmosphäre und Boden geknüpft; ebenso kann das thierische Leben ohne eine beständige Verbindung mit diesen Agentien bestehen.

Der Verkehr der Pflanze und des Thieres mit Luft und Erde erscheint zunächst im innersten Wesen verschieden.

Während die grünen Pflanzenorgane Luftbestandtheile —  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$  — aufnehmen, um organische, hochzusammengesetzte Stoffe daraus zu bilden, bedarf das Thier der Luft, um die complexen organisch-chemischen Bestandtheile seines Leibes mit Hülfe des Sauerstoffes zu einfacheren Gebilden zu zerlegen. Während die Pflanzen der Luft Kohlensäure entziehen und ihr dafür Sauerstoff zurückgeben, nehmen dagegen die Thiere Sauerstoff aus der Atmosphäre ein, um ihn vorzüglich als Kohlensäure und Wasser wieder auszuschcheiden. Der Kohlenstoff dieser Kohlensäure, der Wasserstoff dieses Wassers stammt aus den umgesetzten Geweben, deren aus den Pflanzen in der Nahrung aufgenommene Stoffe sich zersetzen unter der Einwirkung des in der Athmung aufgenommenen Sauerstoffes. In der Pflanze sind die chemischen Verbindungen, welche den Körper zusammensetzen, aus Kohlensäure entstanden, sie sind mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome, in denen Sauerstoff durch andere Elementarstoffe ersetzt worden. In dem animalen Körper verläuft die Wiederaufnahme von Sauerstoff wieder rückwärts in Kohlensäureatome in das, was sie ursprünglich waren. Es entstehen wieder die Nahrungsmittel der Pflanzenzelle, oder wenigstens Stoffe, welche nach der Thierbildung vom thierischen Organismus sehr leicht und rasch in dieselbe sich umwandeln. Für die grüne Pflanze ist die Luft Hauptnahrungsmittel; für das Thier ist die Nahrungsmittel, in welcher die Luft enthalten ist, die Hauptnahrungsmittel, auf welchem alle seine activen Lebensthätigkeiten, seine Wärme und Elektricitäts-Production, die Möglichkeit seiner mechanischen Kraftleistungen beruht.

Die Haupt-Lebenserscheinungen der chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle sind geknüpft an einen Austritt von Sauerstoff; die Haupt-Lebenserscheinungen der Thierzelle an eine Aufnahme von Sauerstoff.

Bei der grünen Pflanzenzelle führen die Momente, welche der Gasaustausch des Sauerstoffaustrittes sind, zu einer Massenzunahme; die Sauerstoffaufnahme der thierischen Zelle führt zu einer Zersetzung ihrer Stoffe, und damit zu einer Abnahme an organischen Bestandtheilen.

Von einem erwachsenen menschlichen Organismus, von einem Mittelmann von etwa 130 Pfund, werden im Tage 700 bis 1000 Grammen Sauerstoff aufgenommen, im Jahre also etwa 500 bis 700 Pfund (1 Pfund = 500 Gramm), die an organischen Bestandtheile gebunden den Organismus wieder verlassen. Bedenken wir, dass der menschliche Körper sich zu etwa zwei Dritttheilen aus Wasser (58,3%) und sonstigen unorganischen Stoffen zusammengesetzt zeigt, welche eine hohe Sauerstoffaufnahme nicht mehr zulassen, so ist es klar, dass der eigentlich organische Theil des Körpers in kürzester Zeit vollständig in Luft aufgelöst wäre, wenn nicht

ndigen Verlust, den er erleidet, ihm eben so beständig Ersatz von aussen zu würde. Wir sehen, dass der thierische Organismus darauf angewiesen ist und fort Nahrung sich zuzuführen, durch welche der erlittene Verlust gleichen wird. Dieses Ausgleichen ist unter normalen Verhältnissen so vollständig, dass nach Ablauf eines Jahres der erwachsene Körper kaum eine Gewichtsveränderung erlitten hat.

Obwohl das Thier seinen Körperkohlenstoff in Kohlensäure verwandelt und beständig an Stelle des verzehrten Sauerstoffes der Atmosphäre übergibt, so trotzdem der Kohlensäuregehalt der Luft, der auch durch Verbrennung und Zersetzung von Pflanzenstoffen, durch vulkanische Ursachen sowie durch die Zersetzung der chlorophyllfreien Pflanzen und Pflanzenorgane dasselbe Gas fortwährend zuströmt, im Allgemeinen nicht zu, ihr Sauerstoffgehalt nicht ab. Ohne Pflanzenvegetation wäre dies Gleichbleiben der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft unmöglich. Durch die Thätigkeit der grünen Pflanzen im Lichte wird der Luft wieder alle zugeführte Kohlensäure vollständig entzogen und dafür Sauerstoff zurückgegeben, so dass, wie gesagt, die Zusammensetzung der Luft, abgesehen von localen Störungen, im Grossen und Ganzen niemals eine erkennbare Veränderung zeigt. Um die 700—1000 Gramm Sauerstoff der Luft zurückzugeben, welche der Mensch in einem Tage zur Athmung verbraucht, muss die Pflanzenvegetation 33—40 Pfund Cellulose oder Pflanzenfaser aus Kohlensäure und Wasser gebildet werden.

Alle Stoffe, welche das Thier in sich aufnimmt, stammen aus dem Pflanzenreich. Auch das fleischfressende Thier bezieht seine Nahrung mittelbar von der Pflanze. Es erhält von dem pflanzenfressenden Thiere, das ihm zur Nahrung dient, seine Körperbestandtheile bereits fertig gebildet, gleichsam in concentrirter Form. Der Pflanzenfresser hat sich die betreffenden Stoffe aus dem Pflanzenreiche angeeignet, zwar ebenfalls schon in einer Form, um sie direct zum Ersatz seines täglichen Stoffverlustes brauchen zu können, aber noch gemischt mit chemischen Verbindungen, welche theils geringen, theils gar keinen Nahrungswert haben.

So gestaltet sich also die Ernährung der Thiere in wunderbarer Einfachheit. Das Thier erhält in seiner Nahrung die Hauptbestandtheile seines Körpers bereits fertig gebildet; seine Nahrung enthält die Stoffe schon so zubereitet, dass sie sich leicht in seine Organe verwandeln können.

Der animale Organismus ist im Stande, alle seine Bedürfnisse an organischen Stoffen auf Kosten des Eiweisses zu befriedigen. Das Eiweiss, die Albuminate, sind die höchsten Producte der assimilirenden Thätigkeit der Pflanzenzelle, enthalten die anderen Stoffgruppen gleichsam implicite in sich. Aus dem Eiweiss können die im Thierkörper vorkommenden Kohlehydrate und Fette bilden, es entsteht aus seiner organischen Zersetzung die stickstoffhaltigen Körperstoffe, welche theil noch verwendbare Spannkraft für die Krafterzeugung des Thieres enthalten. Alle verbrennlichen Bestandtheile des thierischen Leibes sind bei der pflanzlichen Ernährung mit Albuminaten als veränderte Eiweissatome zu betrachten, ganz so wie die Bestandtheile der Pflanze veränderte Kohlensäureatome sind.

Bei der gemischten Nahrung der Thiere besteht nur der Unterschied, dass neben Albuminaten auch noch die Vorstufen der Bildung desselben in den Pflanzenzellen (Kohlehydrate und Fette etc.) direct aufgenommen werden, die bei



Eiweisskost allein aus der Rückbildung der Albuminate entstehen. Wie sie in den Organismus gelangen, ist für ihre Verwendung in demselben gleichgültig.

Das Wasser und die anorganischen Salze, welche sich in den thierischen Organen finden: die phosphorsauren Alkalien und Erden (Kalk, Bittererde), die kohlensauren Erden, Chlorkalium und Chlornatrium, schwefelsaure Alkalien, Eisen und Kieselerde stammen theils aus der von den Pflanzen entlehnten Nahrung, in der sie stets vorhanden sind, theils werden sie im Trinkwasser, das sie gelöst enthält, aus dem Boden genommen.

Der Leib der Thiere und Menschen wird also durch Vermittelung der Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak nebst einigen anorganischen Stoffen der Erdrinde erzeugt; die chemische Grundlage des thierischen Lebens sind die Bestandtheile der Luft und der Erde.

Die Pflanze bildet, wie wir oben sahen, die organischen Stoffe zunächst aus den einfachen Nährstoffen, die ihr Luft und Erde zuführen, durch Austausch der Bestandtheile unter Abscheidung von Sauerstoff, in ganz analoger Weise findet unter Aufnahme von Sauerstoff in dem Thiere umgekehrt die regressive Stoffmetamorphose statt, welche wieder zu den Anfangsgliedern der Stoffbildung in der Pflanze zurückführt.

Man hat, wie gesagt, diesen Process der Abscheidung des Sauerstoffs durch die Pflanze mit der Bezeichnung *Reduction*, den Vorgang der Sauerstoffaufnahme von Seite der Thiere, die damit verknüpfte Stoffzersetzung mit der Bezeichnung *Oxydation* belegt. Es wäre falsch dabei an eine gewöhnliche Verbrennung zu denken. Der Vorgang der Vertheilung des Sauerstoffs mit den verbrennlichen Elementen des thierischen Körpers ist ganz anders und sehr verschieden von den gewöhnlichen Verbrennungsprocessen, wie wird im thierischen Körper Kohlensäure erzeugt durch direkte Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff. Denselben Weg, den die Stoffbildung in der Pflanzenzelle aufwärts macht, durchläuft im Wesentlichen der Vorgang der Stoffzersetzung im Thiere rückwärts, indem sich in ihm die Bestandtheile gegen einander austauschen.

## Bestandtheile des Thierkörpers.

### Albuminate.

Man nimmt gewöhnlich an, dass das höchste Produkt der chemischen Thätigkeit der Pflanzenzelle das Eiweiss sei in seinen verschiedenen oben besprochenen vegetabilischen Modificationen.

Die Entdeckung des Lecithins (HORPE-SZYLER) in den Getreidesamen und Leguminen, welches wir als ein Zersetzungsprodukt des Vitellins (und des Protogens) kennen werden, deutet vielleicht darauf hin, dass auch in den Pflanzenzellen noch in Combinationen des Eiweisses vorkommen, wofür auch die sogenannten Eiweisskristalle in Pflanzenorganen sprechen mögen.

Soviel ist gewiss, dass der animale Organismus (des Fleischfressers) im Stande ist, die Bedürfnisse seines Stoffwechsels und seine ganze Ernährung mit Albumin als einzigen organischen Nährstoffe zu bestreiten, und dass er ganz ohne Albumin sich nicht erhalten kann. Wir werden sonach mit Recht unsere chemische Betrachtung der thierischen Zelle, in welcher wir uns vor allem an VON GUERKE-BERANEZ anschliessen werden, mit den Eiweissen beginnen als mit der wesentlichsten chemischen Grundlage des animalen Lebens.

Die im animalen Organismus sich findenden Albuminate stammen, so viel das jetzt



Alle aus den in der Nahrung zugeführten Albuminaten, im letzten Grunde alle also vegetabilischen Eiweissstoffen.

Aber die Albuminate in den animalen Organismus eingeführt und hier Verwendung finden, müssen sie zunächst eine durchgreifende Umänderung ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften erfahren. Es findet durch die Verdauungssäfte eine Umwandlung der Albuminate statt in:

**Peptone.** Eine der wichtigsten Eigenschaften der normalen Albuminate für den Organismus ist die, dass sie mit Wasser keine diffundibaren Lösungen bilden, sie sind unlöslich (GRAHAM), welchen die Fähigkeit fast absolut mangelt, auch wenn sie, meist in Gegenwart von Salzen, eine Lösung darstellen, durch endosmotischen Verkehr Membranen zu durchdringen. Sie ertheilen dadurch dem Protoplasma der Zellen die Fähigkeit, sich verhältnissmässig selbständig gegen wässrige Lösungsmittel zu erhalten. Dieser Mangel der Löslichkeit würde aber auch die gelösten Eiweissstoffe zur Ernährung, die eine vollständige Durchdringung der zu ernährenden Organe voraussetzt, unfähig machen. In der That wird die Eiweiss-Verdauung durch die Fähigkeit der Albuminate zur Diffusion und auch in festem Zustand aufgenommene Albuminate in verhältnissmässig leicht diffundirende Lösungen verwandelt (cf. Fermente). Diese leicht diffundirenden Albuminate, die in animalen Organismus wieder in die schwer diffundibaren Modificationen verwandelt werden, haben den Namen Pepton oder Peptone erhalten. Sie finden sich im Magen und im Duodenum während der Verdauung. Es sind amorphe, weisse, geruchlose Körper, welche mit grossen Schwankungen in der Zusammensetzung und den Eigenschaften (MEISSNER's a-, b- und c-) den Albuminaten selbst in der procentischen Zusammensetzung sehr nahe stehen können identisch sind. Ihre Lösungen sollen schwachsauren Charakter haben und den polarisirten Lichtstrahl stark nach links. Ihre erste Haupteigenschaft ist ihre Löslichkeit (FUNK). Setzen wir den Diffusionswiderstand durch Membranen (enclathrisches Aequivalent) des gelösten Albumins = 100, so beträgt der des Peptons nur 7—10.

Eine zweite Haupteigenschaft der Peptone ist die, dass sie die Eigenschaft der Fällbarkeit verlieren. Die Peptone werden durch Kochen gefällt, wodurch sie sich von den Albuminaten unterscheiden: durch Kochen, durch Salzsäure, Mineralsäuren, durch Essigsäure, durch schwefelsaures Kupferoxyd, durch Eisensulfat und Ferrocyankalium. Alkohol erzeugt in concentrirten, neutralen Lösungen flockigen Niederschlag, der in verdünntem Weingeist löslich ist. Gerbsäure, Chlor und Jod, Quecksilberoxyd, salpetersaures Silberoxyd, in saurer Lösung glyco- und taurocholsaures Silberoxyd fällen die Peptone wie die Albuminate. Als charakteristische den Albuminaten angehörige Reaktionen sind noch zu nennen: 1) Mit salpetersauerem Quecksilberoxyd und etwas salpetriger Säure erwärmt färben sie sich schon bei 60°—100°C (MILLON's Reaktion). Diese Reaktion ist identisch mit der auf Tyrosin, das als Zersetzungsprodukt der Albuminate auftritt. 2) Mit Salpetersäure färben sich die Peptone gelb (Xanthoproteinreaktion), Alkalien verwandeln diese Färbung in eine rothe. 3) Mit Kupferoxyd und Kali geben die Peptone eine violette Lösung. Bei der Magenverdauung gebildetes Zwischenprodukt: Parapepton (MEISSNER) ist chemisch identisch mit dem Syntonin (cf. dieses). Die Peptone entstehen ausser in der Verdauung auch noch durch fortgesetztes Kochen oder Kochen bei erhöhtem Druck, bei der Fäulniss (MEISSNER) sollen Peptone oder ihnen ganz analoge Stoffe entstehen, bei der Einwirkung von Ozon auf Albuminate (VON GORUP-BESANKEZ). Bei der Verdauung wird auch der Leim in ein Leimpepton umgewandelt, das sich von dem Leim durch den Mangel des Gelatinirungsvermögens unterscheidet und auch (langsamer) durch Versäuren entsteht. Wie diese letzteren zieht der saure Magensaft aus den leim- und knorpelgebenden Geweben Leim und Chondrin aus, und zwar rascher als die Säure allein. Bei Mucin hat man ein leichtdiffundirbares Mucinpepton dargestellt durch Kochen, es ist aber noch nicht erwiesen, dass es auch bei der Verdauung entsteht, anderweitig ist es im Körper (in Ovarialcysten) dagegen schon nachgewiesen (VON GORUP-BESANKEZ).

Aus den Albumineptonen scheinen sich in den Organen rückwärts die schwerer darstellbaren Albuminate zu bilden.

Die Albuminate lenken in wässriger Lösung alle den polarisirten Lichtstrahl nach ab. Durch trockene Destillation, oxydirende Agentien, Säuren und Alkalien, Fäulnis (Pancreas-Verdauung) entstehen aus ihnen eine Menge von Zersetzungsprodukten, d. h. Ameisen- und Essigsäure, Benzoesäure, Bittermandelöl und zwei krystallisirte stickstoffhaltige Verbindungen: Leucin und Tyrosin u. a. m. Harnstoff findet sich unter ihren stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten nicht. Sie geben die MILLON'sche und die Xanthoproteinsäure. Sie färben sich in kaustischen Alkalien gelöst mit Kupfervitriollösung violett (cf. Peptone). Mikroskopische Reagentien sind brauchbar vor allem 1) Iodlösung, welche in der Kälte die (festen) Eiweissstoffe, Zellen etc. intensiv gelbbraun färbt. 2) Mit Salpetersäure und Schwefelsäure färben sich feste Albuminate purpurviolett; 3) mit phosphorsäurehaltiger Schwefelsäure färben sie sich schön dunkelblau (FRÖMEL).

#### Albumin und seine Varietäten:

a. **Serumalbumin**, C 53,5; H 7,0; N 15,5; O 22,4; S 1,6%, ist einer der verbreitetsten Stoffe im Thierorganismus, im Blut, Chylus, Lymphe, Colostrum, Milch, in allen Flüssigkeiten, in den Flüssigkeiten des Fleisches und Zellgewebes, den GRAAF'schen Follikeln, Amnionsflüssigkeit etc. pathologisch: in Transsudaten, Eiter, Harn. Den Namen erhält man bei Harn. Im Allgemeinen geschieht derselbe durch Kochen schwache Lösungen oder durch Fällung mit Salpetersäure, wobei sich das Eiweiss in weissen Flocken ausscheidet.

b. **Eieralbumin**, Eierweiss, im Weissen der Vogeleier enthalten, als concentrirt eingeschlossen in durchsichtige, häutige Fachräume; beim Schütteln mit Wasser zerfallen die Membranen als flockige, weisse Masse zu Boden. Es lenkt den polarisirten Lichtstrahl weniger ab als Serumalbumin, dem es sich sonst sehr ähnlich verhält. Unter der Haut oder in Venen von Thieren injicirt, erscheint es im Harn unverändert wieder. Serumalbumin nicht thut. In Ovarial-Cysten hat man noch zwei weitere Modificationen des Albumins gefunden: Paralbumin und Metalbumin meist neben Mucin, das den Flüssigkeiten eine schleimige Consistenz ertheilt.

**Faserstoff, Fibrin**, in 100 Theilen C 52,7; H 6,9; N 15,4; S 1,3, O 23,8. Aus dem Chylus, Lymphe, pathologisch aus einigen Transsudaten scheidet sich spontan der Faserstoff aus. Seine spontane Abscheidung, seine Löslichkeit in Salpetersäure charakterisirt ihn. Er ist eine Fällung, welche durch gegenseitige Einwirkung zweier Albumine, fibrinogene und fibrinoplastische Substanz (zwei Paraglobuline) entsteht. Faserstoff zersetzt Wasserstoffsuperoxyd unter lebhafter Sauerstoffentwicklung.

**Myosin** (KÖNIG), Bestandtheil des Muskelplasmas, aus dem es sich bei dem Absterben des Muskels als gallartiges Gerinnsel abscheidet. Auch im Eiter im Axencylinder der Nerven im Protoplasma der Zellen soll Myosin enthalten sein. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd. Durch verdünnte Säuren wird das Myosin zunächst zur Gerinnung gebracht, seine Ausscheidung beim Absterben der Muskeln, wobei durch Fleischmilchsäure das Myosin sauer wird, beruht. In Säuren (verdünnten) und Alkalien löst sich das Myosin leicht auf; auch in verdünnten Kochsalzlösungen; concentrirte (10–20%) fällen es. Die Lösungen des Myosins in verdünnten Säuren enthalten

**Syntonin**, Säurealbuminat, wohl identisch mit dem Parapepton MAISON'S. Es fällt aus allen Albuminaten unter Salzsäureeinwirkung. Es ist in verdünnten Alkalien leicht löslich und fällt aus beiden Lösungen bei vorsichtiger Neutralisation heraus genau wie das Neutralisationspräcipitat, Parapepton, bei der Magenverdauung. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd nicht. Das Syntonin ist ein Eiweisskörper in dem Infusum carnis frigide paratum s. LISSA (cf. Nahrungsmittel). Es wird durch concentrirtere Kochsalzlösungen gefällt.

**Casein**, Käsestoff, findet sich in der Milch aller Säugethiere, in geringen Mengen in allen eiweisshaltigen alkalischen thierischen Flüssigkeiten. Der Käsestoff ist in d



nach Kali gewissermassen gelöst, man hält ihn für Kalialbuminat. Die Eiweissstoffe liegen, wie uns Syntonin und Casein lehren, Verbindungen sowohl mit Säuren als Alkalien, von denen die ersteren (Säurealbuminate, Syntonin) durch verdünnte Alkalien (resp. Neutralisation), die letzteren (Alkalialbuminate, Casein) durch verdünnte Säuren gefällt werden können. Die alkalische Milch gerinnt beim Kochen nicht, sie thut das erst, wenn sie spontan durch Säurezusatz (Milchsäure, Essigsäure) schwach sauer geworden ist. Bei dem Kochen in der Luft bildet Milch eine Haut von unlöslich gewordenem Casein. Milch mit frischem (oder getrocknetem) Kälberlabmagen bei 40% digerirt scheidet alles Casein aus, wahrnehmlich durch Milchsäurebildung aus Milchzucker.

**Paraglobulin. Fibrinoplastische Substanz. Krystallin, Globulin.** Wenig von einander verschiedene procentische Zusammensetzung; C 54,3; H 6,9; N 16,5; S 4,2; O 20,9. Paraglobuline (Globuline) finden sich als wesentliche Bestandtheile des Bluts, in Serum und in den Körperperchen, Chylus, Eiter, in serösen Transsudaten meist nur spurweise, dann in der Krystallhülle (Krystallin). Darstellung: Wird Paraglobulinlösung, z. B. Blutserum, stark mit Wasser verdünnt und Kohlensäure eingeleitet, so entsteht Trübung und beim Stehen ein geringer Niederschlag, den man mit kohlensäurehaltigem Wasser auf dem Filter auswaschen kann. Es löst sich ziemlich vollständig wieder beim Schütteln mit Wasser und Luft. Das chemische Verhalten der Paraglobuline ist fast ganz das des Albumins. Charakteristisch ist das Verhalten gegen Flüssigkeiten, welche keine fibrinoplastische, sondern nur seröse Substanz enthalten wie die Mehrzahl der pathologischen Transsudate. Setzt man diesen Transsudaten Lösung von fibrinoplastischer Substanz (z. B. Blut), so erfolgt meist sofort Gerinnung, Ausscheidung von Fibrin. Darauf beruht auch die Fibringerinnung der Transsudate im lebenden Körper bei Blutzutritt z. B. nach Punction.

**Fibrinogen, Metaglobulin**, findet sich im Blutplasma im Chylus und serösen Transsudaten, in seinem Verhalten stimmt es fast ganz mit dem Paraglobulin überein. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd lebhaft. Setzt man aber zu einer Fibrinogen enthaltenden Flüssigkeit fibrinoplastische Substanz, so erfolgt eine Gerinnung von Fibrin (cf. Fibrin).

Als unvollständig gekannte Albuminate (v. GORUP-BESANEZ) sind zu nennen das kausische Acidalbumin, das durch Einwirken von Säuren auf Albumin entsteht, wahrnehmlich identisch mit dem eben angeführten Syntonin.

In degenerirten Lebern (Wachsleber) und Milzen (Speckmilz) fand VIRCHOW einen eigenthümlichen Eiweisskörper (?): Amyloid, der seinen Namen daher hat, dass er einige Ähnlichkeit in den Reactionen mit Amylum zeigt, er färbt sich mit Iodtinktur roth-violett. Er findet sich ausser in den genannten Drüsen hier und da auch im Gehirn, im Ependyma, in den Nerven, in den Rückenmark, Ganglion Gasseri, dem atrophirten Nervus opticus.

### Produkte der Albuminsynthese.

Es wurde oben erwähnt, dass man dem animalen Organismus, wie dem der Pflanzen, die Fähigkeit der Assimilation, d. h. der Bildung höher zusammengesetzter chemischer Stoffe aus einfacheren zuschreibt. Solche Beispiele der Synthese sind die Verbindungen der Benzoesäure mit Glycin zu Hippursäure. Hypothesen über die Synthese des Albumins aus seinen Spaltungsprodukten, unter denen Leucin und Tyrosin auftreten, verdienen hier keine Berücksichtigung, dagegen behauptet man mit mehr Grund, dass das Haemoglobin, der normale Sauerstoffträger und das Vitellin und seine Analoga synthetische Produkte der animalen Zelle sind, da sie bei ihrer Spaltung neben anderen Stoffen Albuminat liefern.

Das **Haemoglobin**, auch Haemoglobulin oder Haematoglobulin genannt, hat folgende procentische Zusammensetzung: C 54,00; G 7,25; N 16,25; H 0,42; S 0,63; O 21,45. In dem Haemoglobin aus dem Blute der Gans fand HOPPE-SEYLER 0,77 Phosphorsäure. Das Haemoglobin verschiedener Blutarten hält HOPPE-SEYLER für chemisch verschieden. Von den Albuminen unterscheidet es sich durch seinen Eisengehalt und durch seine Krystallisirbarkeit. Es ist von der grössten Wichtigkeit für die Respiration. (cf. Blut, wo auch die optischen



Eigenschaften.) Durch Hitze, Alkohol, Alkalien, Säuren, auch die schwächsten durch Kohlensäure bei Gegenwart von viel Wasser, zerfällt es zu einem in mancher Hinsicht den Globulinen nahestehenden, aber in sauerstoffhaltigem Wasser unlöslichen, neben welchem zugleich ein eisenhaltiger Farbstoff, Haematin, entsteht, geringer Menge Ameisensäure und Buttersäure.

Das Vitellin liefert nach HOPPE-SEYLER's Vermuthung bei seiner Zersetzung Eiweißleithin. Es ist Bestandtheil des Eidotters; es ist ebenfalls krystallisirbar. Analoge Stoffe in verschiedenen Eiern werden als Ichthin, Ichthidin und Emydis bezeichnet (cf. Chemie d. Thiere). Es mögen noch andere ähnlich hochcomplicirte Stoffe im animalen Körper vorkommen, sind bisher keine weiteren dargestellt oder nur sicher vermuthet. Das Auffallende an diesen beiden Stoffen ist ihre Krystallisirbarkeit. Halten wir an ihrer synthetischen Entstehung aus Eiweiss und den genannten Paarlingen fest, so bekommen wir das würdige Resultat, dass sowohl durch Synthese als durch rückschreitende Metamorphose der Albuminaten Stoffe entstehen, die ihrer Krystallisirbarkeit wegen nicht mehr als Metamorphosen tauglich erscheinen. Dem vom Lecithin getrennten Eiweissstoff des Eies gab man bisher diesen Namen.

### Producte der regressiven Metamorphose des Albumins.

#### I. Albuminoide.

Durch die ersten Vorgänge der rückschreitenden Metamorphose entstehen aus den Albuminaten die sogenannten Albuminoide, die den Eiweisskörpern in ihrer Zusammensetzung noch nahe stehen. Sie sind unter einander verschiedener als die Eiweissstoffe, enthalten keinen Schwefel mehr. Sie sind unkrystallisirbar und (ohne wesentliche Veränderungen z. B. in der Verdauung) unfähig wahre Lösungen zu bilden (Colloidsubstanzen). Durch Zersetzung liefern die folgenden wie die Albuminate Tyrosin und Leucin in beträchtlicher Menge.

Das Mucin, Schleimstoff. Man gab ihm die procentische Zusammensetzung: H 7,0; N 12,6; O 28,2. Es findet sich im Sekret der Schleimhäute und im foetalen Hinde (ROLLETT). Es verleiht den Flüssigkeiten, in denen es auch nur in geringer Menge vorhanden ist, eine zähe, klebrige, fadenziehende Consistenz. Nachweis: Es wird durch Essigsäure gefällt, es bildet dabei starke flockige Trübung und Ausscheidung, im Ueberschuss der Fällungsmittels unlöslich. Dagegen löst sich der Niederschlag durch Salpetersäure in Ueberschuss derselben leicht und vollständig schon in der Kälte. Ebenso verhält sich Mucin gegenüber Salzsäure, Schwefelsäure, dreibasische Phosphorsäure. Kochen bewirkt Coagulation noch Trübung. Mucin ist als solches eine colloide Substanz, d. h. es ist nicht zur Diffusion fähig. Durch andauerndes Kochen einer alkalischen Lösung von Weinbergschleim konnte EICHWALD sein sogenanntes Schleimpepton darstellen, das mit Essigsäure keinen Niederschlag mehr gibt, aber durch Alkohol gefällt wird und in wässriger Lösung leicht diffundirt. Es wäre vielleicht möglich, dass ein derartiges Schleimpepton auch in der Verdauung entsteht, wodurch ein Theil des Schleims wieder resorbirbar wird. Die Albumin- und Leimpeptone, die bei der Verdauung auftreten, können künstlich anhaltendes Kochen (MEISSNER) dargestellt werden, sodass auch hier Kochen und Verdauung die gleichen Produkte liefern, doch ist die Schleimverdauung noch nicht erwiesen.

Horinstoff, Keratin. Aus ihm bestehen die Hornorgane: Epidermisschuppen der Haut, Nägel, Haare, Hörner, Federn. Die Epidermis besteht in 400 Theilen aus: C 61,76; N 17,31; O 23,91; S 0,74. Sehr ähnlich ist die Zusammensetzung der übrigen Hornorgane. Keratin ist nur in heissen Alkalien löslich, es liefert bei seiner Zersetzung Tyrosin.

Die leimgebende Substanz, Collagen, wird durch Kochen in Leim, Glutin, verwandelt. Es löst sich in kochendem Wasser schleimig, in kaltem aber zu einer Gallerte gessig. Der leimgebende Stoff ist zur Herstellung der Zwischenzellenmaterie des meisten Bindegewebes

det. Der Leim besteht in 100 Theilen aus: C 50,76; H 7,15; N 48,32; S 0,56; O 23,21. Man erhält ihn durch längeres Kochen der Knochen, Sehnen, des lockigen Bindegewebes, Horns, Kallsfüsse, Fischschuppen, Leder etc. mit Wasser. SCHERER fand in leukämi-Blute einen Stoff, der sich wie Glutin verhielt. Schwefelsäure und kaustische Alkalien zerlegen das Glutin unter Bildung von Leucin, Glycin (Glycocol = Leimzucker), und Ammoniak. Die wässrige Lösung dreht den polarisirten Lichtstrahl nach links. Alkohol und Aetern schlagen den Leim nieder. Um Leim nachzuweisen, muss man die zerklüftete Masse 6—12 Stunden unter Erneuerung des verdampfenden Wassers kochen, die Masse heiss filtriren und einen Theil im Wasserbad genügend concentriren, bei dem Erhitzen besteht der Rest der Flüssigkeit gallertig, wenn sich Leim gebildet hat, das einzige Erkennungszeichen des Leims. Der Leim hat in wässriger Lösung nicht die Fähigkeit zu diffundiren. Durch die Verdauung im Magen und Darm wird es jedoch in eine lösliche Lösung verwandelt, welcher die Fähigkeit zur Gerinnung mangelt. Leim entsteht aus den leimgebenden und chondringebenden Geweben entsteht durch Schwefelsäure das ganz unlösliche Elastin, welches bei seiner Zersetzung viel Leucin und wenig Ammoniak gibt.

**Chondrigene Substanz** schliesst sich an die leimgebende an. Die permanenten Knorpel oder embryonale Knorpel, die Enchondrome liefern beim Kochen eine leimähnliche Masse, die wie Glutin in heissem Wasser sich löst, in kaltem gallertig gerinnt: Knorpelleim, Chondrin. Er ist in 100 Theilen zusammengesetzt aus: C 49,93; H 6,61; N 7,17; S 0,41; O 28,58. Nachweis: Von dem Leim, Glutin, unterscheidet sich der Knorpelleim vor allem durch seine Unfüllbarkeit durch Gerbsäure, die in seinen Lösungen eine schwache Opalescenz hervorruft, dagegen wird letzterer von Essigsäure bleibend geschlagen, was bei Leim, der von keiner Säure ausser Gerbsäure gefällt wird, nicht der Fall ist. Bei der Zersetzung (auch durch Magensaft) liefert er Leucin und anstatt des Leimzuckers Glycin, eine wahre gährungsfähige Zuckerart (Chondroglycose, Traubenzucker). Die Bildung von Zucker aus einem nächsten Abkömmling der Albuminate ist von grösster Wichtigkeit für unsere Auffassung der Umsatzvorgänge bei der Eiweisszersetzung. Ein solches Zersetzungsprodukt ist also sicher Zucker. Man kann den Knorpelleim als ein stickstoffhaltiges Glucosid, d. h. eine gepaarte Zuckerverbindung, bezeichnen.

**Chitin** aus dem Hautskelett etc. der Artikulaten und des **Hyalin** (= Chitin?) aus den Knorpel-Blasen sind ebenfalls stickstoffhaltige Glucoside wie das Chondrin. Die Zusammensetzung des Chitins ist: C 46,32; H 6,40; N 6,14; O 44,44. Durch Kochen mit Schwefelsäure liefert es Traubenzucker und Ammoniak.

Die Reihe der aufgeführten Stoffe zeigt uns, dass aus dem Eiweiss durch rückschreitende Metamorphose gepaarte Zuckerverbindungen hervorgehen können, die neben wahren Zuckern Traubenzucker, verschiedene stickstoffhaltige Paarlinge: Leucin, Tyrosin, Ammoniak u. a. m. Es gestattet uns diese Zersetzung der Albuminate vielleicht einen Schluss auf die mögliche Constitution. Als ein schwefelhaltiges Spaltprodukt des Albumins werden auch das Taurin kennen lernen. Die nahe Verwandtschaft und die leichte Ueberbarkeit des Zuckers in Fette in der Pflanzenzelle auch ohne Einwirkung des Chlorophylls sind besprochen worden. Unzweifelhaft sehen wir Zucker und zuckerbildende Stoffe schon unter den Produkten der regressiven Eiweissmetamorphose auftreten. Sehr wahrscheinlich ist auch die Bildung von Fettsäure aus Albuminaten, und KRUZE macht darauf aufmerksam, dass das Glycogen der Leber eine Zwischenstufe zwischen Zucker und Fettsäuren darstellen könnte. Dass das Glycogen der Leber durch Genuss von Hydraten gesteigert werden kann, ist mit Rücksicht auf die Entstehung des Fettes bei Mästung zu beachten. Mit Rücksicht auf die Streitfrage, ob Fett bei der Mästung aus Hydraten gebildet werden könne (LIEBIG), oder ob es nur aus der direkten Zufuhr von resp. Fettsäuren, eine Möglichkeit, welche KRUZE durch die gelungene Mästung eines Ferkels mit Seife bewiesen hat, und durch Zersetzung von Albuminaten (VORR u. A.) entstanden ist, ist der Ausspruch KRUZE's zu beherzigen: „Seit das Glycogen als Erzeugniss des



Thierkörpers entdeckt ist, und seit man weiss, dass diese den Kohlehydraten zugehörige Substanz in der Leber gebildet wird, selbst wenn den Thieren in der Nahrung keine von Kohlehydraten, sondern nur Eiweiss gereicht wird, fällt die Frage über die Bildung aus Eiweiss fast mit der über Fettentstehung aus Zuckern zusammen. Jedenfalls fehlen noch die Grundlagen, um die Frage definitiv zu entscheiden, was nur auf chemischem Wege, aber niemals durch Fütterungsversuche gelingen wird. Das Resultat sich aus zu vielen uncontrolirbaren Faktoren zusammensetzt.

Das Protagon scheint ebenfalls ein Glucosid, und zwar des Lecithins. Es ist nachgewiesen, Gehirn, im Blute und findet sich wahrscheinlich auch noch in anderen Organen, woraus aus dem Lecithinvorkommen schliesst. Es kann in Traubenzucker und Spaltungsprodukten des Lecithins (Neurin, Glycerinphosphorsäure, Fettsäuren etc.) zerlegt werden. Im Wasser ist es unlöslich, quillt darin kleisterartig auf, dagegen löslich in warmem Alkohol und äther. Es ist krystallisirbar. Nach LIEBERICH'S Analysen ist seine Formel vielleicht:  $C_{116}H_{220}N_4O_{16}$ . Da das Protagon ebenfalls unter die nächsten Abkömmlinge der Albuminate zu rechnen, so ist das Auftreten von Fettsäuren neben dem Zucker unter seinen Zersetzungsprodukten im Sinne der Fettbildung aus Albuminaten beachtenswerth.

**Fermente.** Ehe wir zu den stickstoffhaltigen und stickstofffreien Spaltungsprodukten Albumins fortschreiten, haben wir hier noch chemische Stoffe (?) zu erwähnen, die früher direkt für Albuminate gehalten hat, und die man nun als Abkömmlinge der Albuminate bezeichnet, obwohl über sie nicht das Geringste weiter feststeht, als dass sie bei weissenreactionen nur spurweise oder gar nicht geben. Es sind das die sogenannten Verdauungsfermente. Bei unserer Unkenntniss über das Wesen der Fermentationen ist vorerst nur ein Nothbehelf für unsere Vorstellung, eigenthümliche chemische Stoffe als Fermente aufzustellen. Ob es derartige »Fermente« wirklich gibt, ob die Fermentwirkungen nur von gewissen »Zuständen« uns bekannter oder unbekannter chemischer Natur abhängen, ist uns vollkommen unbekannt. Das Nähere vergleiche man bei der speciellen und historischen Darstellung der Verdauung. Die Verdauung bringt gewisse Veränderungen in einigen aufgenommenen Nahrsstoffen (Albumin, leimgebende Substanz, Stärke, Fett) hervor, welche in der gleichen Weise durch langfortgesetztes Kochen oder Kochen mit Wasser unter gesteigertem Druck ebenso erzeugt werden können (z. B. die Bildung von Peptonen aus Albuminaten, Leim, Mucin); oder durch Behandlung, Kochen mit Weinsäuren oder Alkalien (Pankreasverdauung, Peptonbildung nach MEISSNER). Die Umwandlungen geschehen meist unter Aufnahme von Wasser (hydrolytische Spaltung, L. HERMANN). Der Unterschied dieser Vorgänge von eigentlichen Gährungen, die in der Einwirkung von Gährungsorganismen (Hefe) verlaufen und, wie die Alkoholgährung aus Zucker, chemisch nicht nachzuahmen sind, ist sonach eine in die Augen springende. Mit den wahren Gährungsvorgängen haben diese Fermentationen gemein, dass sie von denselben Einflüssen unterdrückt und begünstigt werden, dass sehr geringe Mengen der genannten »reinen Fermente« die chemischen Veränderungen grosser Stoffmengen bewirken können, ohne selbst dabei verbraucht zu werden. Zur Reindarstellung dieser Fermente benutzt man ihre Löslichkeit in Glycerin und ihre Eigenschaft, aus weniger Lösung durch voluminöse Niederschläge, wie z. B. durch Zusatz von Cholesterinlösungen, Colloidum etc. mit niedrigerissen zu werden. Im Organismus nimmt man drei verschiedene Fermentationen an:

1) Zuckerbildung aus Stärke, Dextrin und Glycogen durch den Speichel, den Pankreassaft, den Leberextrakt und den Extrakt anderer Organe (zuckerbildendes Pankreasferment, animalische Diastase, Ptyalin).

2) Fettzerlegung in Glycerin und freie Fettsäuren durch den Pankreassaft.

3) Umwandlung der Eiweisskörper und Albuminoide (geronnenen und unlöslichen) in Peptone und weitere Spaltung derselben in Leucin, Tyrosin, Zucker etc. durch Magensekret (Ferment; Pepsin), durch Pankreas und Darmsaft. —

Die Fette werden theils, wie wir oben bei der Besprechung der Bestandtheile der Pflanzenzelle sahen, in der Nahrung, und zwar auch in der vegetabilischen, eingeführt,



können sie wohl aus der Zersetzung des Albuminats. Analog ist es mit den im Körper sich findenden Kohlehydraten und einer Anzahl anderer Stoffe, die theils als Produkte der regressiven Metamorphose der Körperstoffe, theils als Nahrungsbestandtheile und deren Zersetzungsprodukte aufzufassen sind. Ohne Rücksicht auf ihren Ursprung führen wir im folgenden die übrigen Körperbestandtheile möglichst nach chemischen Gesichtspunkten geordnet an.

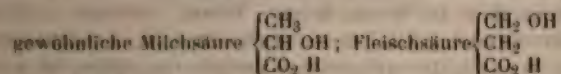
## II. Organische stickstofffreie Säuren.

Die **Fettsäuren** von der allgemeinen Formel  $C_n H_{2n} O_2$  finden sich schon oben S. 56 zusammengestellt. Sie bilden eine homologe Reihe. Die kohlenstoffärmeren können aus den kohlenstoffreicheren durch Oxydation unter Abscheidung von  $CO_2$  und  $H_2O$  dargestellt werden, in den pflanzlichen Organismen bilden sich die kohlenstoffreicheren wohl durch Desoxydation in der umgekehrten Richtung. Flüchtige Fettsäuren findet man in manchen sich ersetzenden Sekreten (z. B. Schweiß); ob sie in der normalen Zusammensetzung der Gase sich finden, ist zweifelhaft. Im animalen Organismus kommen kohlenstoffreiche Fettsäuren als Fette (cf. S. 56) vor, durch die Pankreasverdauung werden im Darm die Fette im Theil in Glycerin und Fettsäuren zerlegt, welche letztere sich mit Alkalien (Kali und Natrium) zu fettsauren Alkalien = Seifen verbinden, die sich in Wasser lösen und zugleich die Fähigkeit haben, sich mit Fetten zu mischen, was für die Verdauung von grosser Bedeutung ist. Essigsäure und Capronsäure kommen als Amidoverbindungen (Glycin und Leucin) vor. Aus Lecithin werden Fettsäuren gewonnen durch Zersetzung.

### Säuren der Milchsäurereihe.

Die **Milchsäure**  $C_3 H_6 O_3$  findet sich im Magensaft und andern Körperflüssigkeiten, wohl stets wie in saurerer Milch als Produkt der Milchsäuregährung des Zuckers.

Die **Fleischmilchsäure**, Paramilchsäure, ist ein Stoffwechselprodukt vor allem der Muskeln, aber wohl auch fast aller anderen myosinhaltigen (?) Gewebe. Die beiden Milchsäuren sind isomer und unterscheiden sich durch die Löslichkeit und Krystallform ihrer Salze. Die gewöhnliche Milchsäure leitet sich von Aldehyd ab, die Fleischmilchsäure lässt sich leicht aus Aethylenverbindungen ableiten. Die aufgelösten Formeln für beide Säuren sind daher:



### Säuren der Oxalsäurereihe.

Die **Oxalsäure**  $C_2 H_2 O_4$  findet sich hier und da im Harn mit Kalk verbunden, ob normal, ist ungewiss.

Die **Bernsteinsäure** findet sich normal in kleiner Menge im animalen Organismus.  $C_4 H_6 O_4$ . Im Harn des Menschen, in der Milz, Thyreoiden, Thymus, in Leberechinococcus- und Hydrophylusgallen.

### Säuren der Acrylsäurereihe (Oelsäuren).

Die **Oelsäure** (Oleinsäure, Elainsäure) findet sich von dieser Reihe allein im Körper vor in Verbindung der Fettsäure und wie diese als neutrales Fett = Olein, z. B. im Schweineschmalz, als Seife im Lecithin.  $C_{18} H_{34} O_2$ .

## III. Alkohole.

**Kohlenwasserstoffe**, in welchen ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch Hydroxyl vertreten sind. Z. B.  $C_2 H_5$  (Aethylwasserstoff) geht über in  $\begin{matrix} C_2 H_5 \\ | \\ H \end{matrix} \begin{matrix} O \\ | \\ H \end{matrix}$  Aethylalkohol = Weingeist. Man kann sie auch als Wasser  $\begin{matrix} H \\ | \\ H \end{matrix} \begin{matrix} O \\ | \\ H \end{matrix}$  auffassen, in welchem Wasserstoff durch kohlenstoffhaltiges Radicale ersetzt ist.

Das **Cholesterin** findet sich im Eidotter, Gehirn, Galle etc., soll auch in den Erbsen vorkommen. Es ist ein einwerthiger Alkohol  $\begin{matrix} C_{26} H_{43} \\ | \\ H \end{matrix} \begin{matrix} O \\ | \\ H \end{matrix}$

Das **Glycerin** findet sich nach der Fettzerlegung im Darms durch das Pankreas vor. Ueberdies kommt es (in den Fetten) noch in Form von Aetherarten vor, die in

Fette sind Glycerinäther. Das Glycerin ist ein dreiwertiger Alkohol:  $C_3H_5 \begin{cases} OH \\ OH \\ OH \end{cases}$

Die **Zuckerarten** schliessen sich an die Alkohole an, da sie meist das Verhalten mehrwertiger Alkohole zeigen, doch ist ihre Constitution noch nicht erkannt. Mit Stärke, Gummi, Dextrin, Cellulose bilden sie die sogenannten oben S. 55 angeführten vegetabilischen Kohlehydrate. Im animalen Organismus sind drei Zuckerarten nachzuweisen:

**Traubenzucker**, Dextrose oder Starkezucker  $C_6H_{12}O_6$  kommt in geringen Mengen in allen thierischen Flüssigkeiten und Gewebssäften vor: im Blut, Muskeln, Leber, etc. Bei dem Zustand des Diabetes mellitus (Zuckerharnruhr) kann er in sehr grossen Mengen auftreten und im Harn ausgeschieden werden. Er besitzt die Eigenschaft, in alkalischer Lösung aus Kupferoxydsalzen beim Kochen gelbrothes Oxydul zu reduciren (Traubenprobe). Aus Silbersalzen fällt er metallisches Silber. Versetzt man eine Zuckerlösung mit alkalischer Wismuthoxydlösung und kocht einige Minuten, so scheidet sich ein schwarzes Pulver ab (Böttcher'sche Probe) (cf. Harnanalyse). Er dreht die Polarisationsebene nach rechts. Er ist gährungsfähig, durch Hefe zerfällt er fast vollständig in Aethylalkohol und Kohlensäure. Bei Gegenwart von faulenden Eiweisskörpern (und saurer Hefe) zerfällt er in Milchsäure.

**Inosit** wurde zuerst als Bestandtheil des Herzmuskels nachgewiesen. Wasserfrei hat er die empirische Zusammensetzung:  $C_6H_{12}O_6$ . Er dreht nicht die Polarisationsebene, reducirt Kupferoxydsalze nicht, ist der weingeistigen Gährung nicht, wohl aber der saure Gährung fähig. Nachweis: Wird Inositlösung oder eine inosithaltige Mischung mit Salpetersäure auf Platinblech (Porzellanschalen) fast bis zur Trockene abgedampft, der Rückstand mit Ammoniak und etwas Chlorcalcium übergossen und dann vorsichtig im Wasserbade verdunstet, so entsteht eine lebhaft rosenrothe Färbung, die noch durch Erhitzen auf Inosit erkennen lässt. Er ist gefunden im Herzmuskel, Pferdefleisch, Ochsenblut, Harn, in der Coecumflüssigkeit von Schafen, in der Leber, Lunge, im Gehirn, in der Milz, in den Nieren, etc. pathologisch im Harn bei Morbus Brighti, Uramie, zuweilen bei Diabetes mellitus an Stelle des früher vorhanden gewesenen Traubenzuckers, Gehirntumoren, bei Obdormung, etc. reconvalescenten, ferner in den willkürlichen Muskeln von Säugern oft in erheblicher Menge. Krystallisirt im klinorhombischen System mit  $2H_2O$ .

Seyditz fanden FRERICH und STÄDELER in mehreren Organen der Plagiostomen (Nieren des Rochen und Haifisches); es unterscheidet sich vom Inosit durch die Krystallform und den Mangel der Inositreaktion.

**Milchzucker**  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$  kommt nur in der Milch der Säugethiere vor, aus eingedampfter Molke er sich in rhombischen Krystallen ausscheidet. Er ist direct in der Milchsäuregährung fähig (wobei immer etwas Alkohol und Mannit entsteht), mit verdünnter Säure gekocht verwandelt er sich in eine dem Traubenzucker sehr nahe stehende, der Alkoholgährung fähige Zuckerart. Er dreht die Polarisationsebene nach rechts. Eine wässrige Lösung eines Kupfersalzes wird von Milchzucker schon in der Kälte reducirt (auch die Böttcher'sche Probe) (cf. Traubenzucker).

Ausser den Zuckerarten kommen noch andere Kohlehydrate, die zum Theil in die Zucker übergeführt werden können, im animalen Organismus vor, die sich hier anschliessen:

**Glycogen**, animalische Stärke von der empirischen Zusammensetzung:  $C_6H_{10}O_5$  findet sich vor allem als Bestandtheil der Leber, ausserdem in vielen embryonalen Organen in mehreren Organen bei Diabetes, im Fleisch von Pflanzenfressern. Schneeweisses, körniges, völlig amorphes Pulver. Im heissen Wasser löslich, mit Aetzkali klar färbend. Die wässrige Lösung zeigt starke rechtsseitige Polarisation. Reducirt alkalische Kupferlösungen nicht. Mit Jod färbt es sich rothbraun bis dunkelroth. Kann durch verdünnte Säuren, dann Speichel, Bauchspeichel, Lebersaft, Blut, Diastase etc. leicht in Traubenzucker



umgewandelt werden. — Ausserdem ist noch im animalen Körper von Kohlehydraten nachzuweisen.

**Dextrin**, Stärkergummi:  $C_6H_{10}O_5$  im Pferdefleisch, im Blut (namentlich der Lunge) der Thiere, in der Leber mit Hafer gefütterter Pferde, im Darminhalt nach amylaceenhaltiger Nahrung. In Wasser löslich, farb- und geschmacklos, concentrirt klebt es. Reducirt alkalische Kupfersalze spurweise. Mit einer Lösung von Jod in Jodkalium färbt sich das Dextrin röthlich violett. Es ist direct der Milchsäuregährung fähig; durch verdünnte Säuren, Schwefelsäure, und Speichel, Diastase geht Dextrin leicht in Traubenzucker über.

Die **Cellulose**  $C_6H_{10}O_5$  ist in ihrem Vorkommen im Thierkörper schon oben S. 9 besprochen.

**Paramylon** von derselben empirischen Zusammensetzung wie das Stärkemehl (auch  $C_6H_{10}O_5$ ) in Körnchen in der Infusorienspecies *Euglena viridis* gefunden. Gibt die Jodreaction nicht; längere Zeit mit rauchender Salpetersäure behandelt, liefert es eine zuckerfähige Zuckerart.

#### IV. Aetherarten.

Von Aetherarten kommen reichlich Glycerinäther in dem animalen Organismus vor, und die schon mehrfach erwähnten neutralen Aether des dreiatomigen Alkohols Glycerin, die **neutralen Fette**, die Glyceride der fetten Säuren (cf. oben S. 56).

Zu den neutralen Fette können wir noch die **Glycerinphosphorsäure** anschliessen, die man als Glycerinäther auffassen kann. Sie ist eine Vereinigung von Glycerin mit Phosphorsäure unter Abgabe von 4  $H_2O$ , eine zweibasische Aethersäure von der empirischen Formel  $C_3H_5PO_4$ . Sie wurde im Gehirn, Nervenmark, Eidotter, Galle etc. gefunden, wohl stets als Zersetzungsprodukt des Lecithins. Sie hinterlässt bei der Verbrennung eine von Phosphorsäure sehr saure Kohle.

In dem Wallrath, der aus der Schädelhöhle einiger Wale genommen wird, finden sich auch einatomige: **Cetyläther** vor, vorwiegend: **Palmitinsäure-Cetyläther**.

#### IV. Ammoniakderivate und ihre Verbindungen.

##### 1) von bekannter Constitution.

a. **Amine**, Verbindungen, in welchen Wasserstoffatome des Ammoniaks  $NH_3 = \begin{matrix} H \\ | \\ N \\ | \\ H \end{matrix}$  durch des Ammoniumoxydhydrats  $NH_4(OH)$  durch Kohlenwasserstoffgruppen ersetzt sind.

Das **Methylamin**  $NH_2(CH_3) = \begin{matrix} H \\ | \\ N \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$  und das **Trimethylamin**  $N(CH_3)_3 = \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ N \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$  treten

als Zersetzungsprodukte (des Kreatins und Neurins) auf.

Das **Neurin**, ein Zersetzungsprodukt des Lecithins, erhält man synthetisch aus Glycol, zweifachem Aethylalkohol  $C_2H_4(OH)_2$  und Trimethylamin; es ist Trimethyl-Oxäthyl-Ammoniumoxydhydrat.

Eine complicirte Verbindung des Neurins mit Stearinsäure und Glycerinphosphorsäure heisst das **Lecithin**  $C_{44}H_{90}NPO_4$ ; es ist selbst ein Zersetzungsprodukt des Vitellins und Protamins. Es findet sich in der Nervensubstanz, Blut, Eidotter, Samen etc. DIKONOW betrachtet das Lecithin als glycerin-phosphorsaures Neurin, bei welchem 2 Wasserstoffatome des Glycerinphosphorsäureradicals durch das Stearinsäureradical vertreten sind: Distearyl-glycerinphosphorsaures Neurin. Die Stearinsäure kann jedoch auch durch Palmitinsäure und Oel-säure vertreten sein. Nach STRECKER würde sich das Lecithin an die Aetherarten anschliessen.

b. **Amide**. Säuren, in denen Hydroxyl (HO) durch  $NH_2$  ersetzt ist.

**Harnstoff**: Biamid der Kohlensäure, Carhamid. Die wasserhaltige Kohlensäure hat die Formel  $CO(OH)_2$ ; Harnstoff:  $CO(NH_2)_2 = CH_4N_2O$ . Beide OH der wasserhaltigen Kohlensäure sind durch je ein  $NH_2$  ersetzt. Der Harnstoff ist für die Physiologie von der grössten Wichtigkeit, da die Hauptmasse alles im Körper umgesetzten Stickstoffs der stickstoffhaltigen



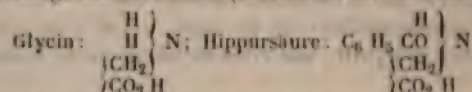
Körper- und Nahrungsbestandtheile bei Säugethieren den Körper in der Form des Harn im Harn verlässt. Harnstoff findet sich neben Harnsäure auch im Harn der Reptilien und Vögel. Der Harnstoff löst sich leicht in Wasser und Alkohol, kaum in Aether; seine Salze mit Salzsäure und Oxalsäure sind dagegen schwer löslich. Mit salpetersaurem Quecksilberoxyd bildet er eine complicirte Verbindung, die zur quantitativen Harnstoffbestimmung (nach LIMA) verwendet wird. Der Niederschlag hat schliesslich die Zusammensetzung:  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{CO}(\text{HgO})_3$ . Der Harnstoff zersetzt sich leicht beim Kochen ( $100^\circ\text{C}$ ), Faulen, auch unter Aufnahme von  $2\text{H}_2\text{O}$  in kohlensaures Ammoniak:  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$  Ammoniumoxydhydrat,  $\text{CO}(\text{ONH}_4) =$  kohlensaures Ammoniak. Der Harnstoff wurde im Jahr 1799 von FOURCROY und VAUQUELIN bestimmt als Bestandtheil des menschlichen Harns erkannt und als urée, d. i. Harnstoff, bezeichnet. Harnstoff war die erste organische Substanz, welche künstlich dargestellt wurde; WÖHLER lehrte 1828 die künstliche Darstellung aus cyansaurem Ammoniak, aus dem er durch blosse Umlagerung der Bestandtheile leicht entsteht, in wässriger Lösung namentlich beim Eindampfen:  $\text{CN} \begin{smallmatrix} \text{CN} \\ \text{NH}_4 \end{smallmatrix} \text{O} = \text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$ . Er entsteht auch durch Einwirken von trockenem Ammoniak auf Carbonylchlorid (Phosgen)  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{smallmatrix}$ . Für die Physiologie ist die Entstehung des Harnstoffs als Zersetzungsprodukt anderer im animalen Organismus sich bildender Stoffe von besonderer Wichtigkeit. 1) Harnsäure liefert 4) bei trockener Destillation Harnstoff (WÖHLER), 2) bei Einwirkung von Zersetzungs- oder Oxydationsmitteln (LIEBIG), 3) im Organismus (WÖHLER und FAERICH). Kreatin wird beim Kochen mit Barytwasser in Harnstoff und Sarkosin zersetzt (LIEBIG). Oxalursäure, ein Zersetzungsprodukt der Harnsäure zerfällt beim Kochen in Harnstoff und Sarkosin. Der Harnstoff krystallisirt in quadratischen Prismen. Seine Lösungen reagiren neutral (cf. bei Harnsäure, die Krystallformen bei HAU).

**C. Amidosäuren.** Säuren, in welchen Wasserstoffatome des Radicals durch NH<sub>2</sub> substituirte Ammoniakgruppen vertreten sind.

**Glycin** (Glycocol, Leimzucker) = Amidoessigsäure  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$  entsteht, wenn animalischer Leim (Glutin) mit verdünnter Schwefelsäure gekocht wird, schmeckt süßlich, kann künstlich dargestellt werden durch Monochloressigsäure mit Ammoniak. Essigsäure  $= \text{C}_2\text{H}_3\text{O}(\text{OH})$ ; Glycin  $= \text{C}_2\text{H}_2(\text{NH}_2)\text{O}(\text{OH})$ . Das Glycin ist eine schwache Säure, verhält sich aber auch als Aminbase mit Säuren; es findet sich in solchen Verbindungen in der Galle und normal im Harn der Pflanzenfresser.

Im Harn findet sich die Verbindung des Glycins mit Benzoesäure  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ .

**Hippursäure** = Glycobenzoesäure  $\text{C}_9\text{H}_9\text{NO}_3$ . Sie ist Glycin, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch das einwerthige Radical Benzoyl (das Radical der Benzoesäure  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}$  ersetzt).



Benzoesäure wird im menschlichen und im Körper der Säugethiere vollständig in Hippursäure verwandelt, andere aromatische Säuren entweder ebenfalls oder in ganz anderen Verbindungen (cf. Harn).

In der Galle befindet sich als Verbindung des Glycins

**Glycocholsäure**  $\text{C}_{26}\text{H}_{43}\text{NO}_6$  (cf. Taurocholsäure).

Eine weitere im Organismus entstehende Amidosäure ist

**Taurin**  $\text{C}_2\text{H}_7\text{NSO}_3$ . Es ist das Amid der Isäthionsäure:  $\text{C}_2\text{H}_4 \begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \text{SO}_3\text{H} \end{smallmatrix}$ .

$\text{C}_2\text{H}_4 \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{SO}_3\text{H} \end{smallmatrix}$  findet sich als Zersetzungsprodukt der Gallensäuren im Darm und in den Harnen. Normal in den Muskeln vieler Fische in verschiedenen Organen der Plagiostomen, in den Muskeln der Mollusken, in den Nieren und Lungen verschiedener höherer Säugethiere, im Pferdefleisch, pathologisch im Blut und in seinen Transsudaten, im Harn bei Harnsteinkrankheiten.

Leberkrankheiten. Das Taurin ist charakterisirt durch seinen reichen Schwefelgehalt = 14,2%, der sich bei dem Erhitzen als schwefelige Säure entwickelt. Es krystallisirt in durchsichtigen, farblosen sechsseitigen Prismen. Sein wichtigstes Vorkommen ist in gepaarter Verbindung mit Cholsäure in der Galle analog der Verbindung des Glycins mit Cholsäure, der Glycocholsäure. Diese Verbindung des Taurins ist die

**Taurocholsäure:**  $C_{26}H_{43}NSO_7$ .

Glycocholsäure und Taurocholsäure sind die specifischen Bestandtheile des Lebersekretes = **Gallensäuren**, welche in der Galle gebunden an Alkalien (namentlich Natron) sich finden. Die gallensaurigen Alkalien verhalten sich in mancher Hinsicht wie Seifen = **fettsäure Alkalien**, indem sie sich wie diese in Wasser lösen, aber auch mit Fetten und Ölen mischen, wodurch sie ihre Hauptbedeutung für die Fettresorption im Darne erhalten. Beide drehen den polarisirten Lichtstrahl nach rechts.

Die **Glycocholsäure** löst sich leicht in Alkohol, dagegen schwer in Wasser, besonders kaltem, und krystallisirt in seidenglänzenden Nadeln. Aus den wässerigen Lösungen der glycocholsäurigen Salze fallen Säuren (auch Essigsäure) einen harzartigen Niederschlag. Mit Barytwasser längere Zeit gekocht, zerfällt die Glycocholsäure in Glycin und Cholsäure. Mit Schwefelsäure oder Salzsäure gekocht, zerfällt sie in Glycin und Cholidinsäure. Die Glycocholsäure enthält 3,310% Schwefel. Sie zerfällt beim Kochen mit Alkalien in Taurin und Cholsäure, beim Kochen mit Säuren in Taurin und Cholidinsäure. Die Taurocholsäure ist an der Luft leicht zerfließlich.

Die **Cholsäure** (Cholidinsäure), welche von der Glycocholsäure und Taurocholsäure abgespalten werden kann, ist in ihrer Constitution noch nicht erkannt, ihre Formel ist empirisch  $C_{24}H_{40}O_7$ . Sie soll in geringen Mengen im Dickdarm von Menschen, Rindern und Fischen vorkommen, auch im Harn bei Icterus. Sie krystallisirt nach verschiedenen Systemen in verschiedenen Lösungsmitteln. Zeigt starke rechtsseitige Polarisation; löst sich schwer in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Ueber 195°C. erhitzt, verwandelt sie sich unter Abgabe von 4 Aeq. Wasser in Cholidinsäure und bei 295° in Dyslisin. Beide entstehen auch durch Kochen mit Salzsäure und sollen sich in den Excrementen finden. Die Cholidinsäure ist wie ihre Salze amorph, löslich in Alkohol, schwerer in Aether, nicht in Wasser. Ihre Zusammensetzung ist  $C_{24}H_{38}O_4$ , die des Dyslisisins:  $C_{24}H_{36}O_3$ . In Alkohol und Wasser unlöslich, wenig löslich in Aether.

Die Cholsäure, Cholidinsäure und das Dyslisin geben die **PETTENKOFER'sche Probe** wie die Gallensäure selbst. Versetzt man wässerige Lösungen der Gallensäuren mit wenigen Tropfen Zuckerlösung und concentrirter Schwefelsäure, so färbt sich die Flüssigkeit (beim Umrühren) prächtig purpurviolett und dann kirschroth. Die Schwefelsäure muss dazu frei von schwefliger, salpetriger und Salpeter-Säure (cf. Galle). Mit rauchender Salpetersäure destillirt, liefert die Cholsäure: Caprin-, Capryl- und Cholesterinsäure, wodurch sie sich 7 an die Fettsäuren anschließen, mit denen sie auch die seifenartigen Verbindungen mit Alkalien gemein haben.

In der Schweinegalle findet sich an Stelle der Cholsäure die **Hyocholsäure**:  $C_{25}H_{41}O_4$ , welche ebenfalls mit Taurin und Glycin gepaarte Säuren bildet: Hyotaurocholsäure  $C_{27}H_{43}NSO_6$  und Hyoglycocholsäure:  $C_{27}H_{43}NO_5$  und ein Hydyslisin,  $C_{25}H_{38}O_3$  liefert.

In der Gänsegalle findet sich an Stelle der Cholsäure die **Chenocholsäure**:  $C_{27}H_{43}O_4$ , welche mit Taurin gepaart die Chenotaurocholsäure liefert:  $C_{29}H_{51}NSO_7$ .

Weitere **Amidosäuren** sind

**Leucin** = das Amid der Capronsäure:  $C_6H_{13}NO_2 = C_6H_{11}NH_2O.OH$ . Findet sich im Pankreas normal, sonst in sehr vielen Körperbestandtheilen als Produkt der Fäulnis, wobei es sowie durch Säuren und Alkalien aus Albuminaten und albuminoiden Stoffen entsteht. Krystallisirt in perlmutterglänzenden, farblosen Schüppchen. Unter dem Mikroskop erscheint es in Form von starklichtbrechenden, meist concentrisch geschichteten Kugeln, die aus concentrisch gruppirten nadelförmigen Krystallen bestehen. Häufig zeigen die Kugeln des



Leucin eine raue, wie angefressene Oberfläche, und nicht selten sitzen grössere kleinere Kugelsegmente auf. (Fig. 50.)

Das Tyrosin ist auch eine Amidosaure, deren Natur aber noch nicht aufgeklärt erinnert an die Salicylverbindungen, mit denen es vielleicht zusammenhängt. Es zerfällt in Zersetzungsprodukt neben dem Leucin auf, aber in geringerer Menge, soll auch normal vorkommen neben Leucin, mit diesem auch in der Leber bei Leberkrankheiten und im Harn bei Lebererweichung. In den Organen niederer Thiere, namentlich des Fisches, soll es ziemlich häufig normal (?) vorkommen.

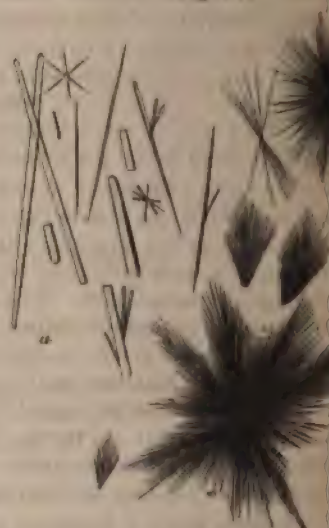
Der Nachweis des Leucins und Tyrosins kann für den Arzt von Bedeutung sein, da sich diese Stoffe pathologisch besonders bei Leberkrankheiten in verhältnissmässig grossen Mengen in allen Organen und Flüssigkeiten namentlich in der Leber vorfinden. Aus dem Harnorgan bereitet man sich einen kalten wässerigen Auszug, indem man die wohl abgewaschene Harnblase mit Wasser mischt und durch einen Leinwandlappen presst. Das so ge-

Fig. 50.



Kugelförmige Krystallmassen des Leucin. *a* Eine sehr kleine einfache Kugel, *bb* Halbkuglige Massen, *cc* Aggregate kleinerer Kugeln. *d* Eine grössere Kugel mit zwei Halbkugeln besetzt. *e* *f* Grössere Leucinkugeln mit kleineren Kugelsegmenten reichlich versehen. *gggg* Geschichtete Leucinkugeln, theils mit glatter, theils mit rauher Oberfläche und von sehr verschiedener Grösse.

Fig. 51.



Nadelförmige Krystallisationen des Tyrosin. *a* die einzelnen Nadeln; *bb* kleinere Gruppierungen derselben.

Extrakt wird gekocht, filtrirt, das Filtrat mit Bleiessig gefällt, filtrirt, Schwefelwasserstoff in das Filtrat geleitet, bis kein Schwefelbleiniederschlag mehr entsteht, filtrirt, abgedampft, schliesslich auf dem Wasserbad bis zur Consistenz eines dünnen Syrups verdickt. Nun lässt man es längere Zeit ruhig, bedeckt, kühl stehen, wobei sich Leucin eventuell Tyrosin in gelbgefärbten warzigen Massen und Krusten abscheiden. Durch Verdunsten der abgegossenen Mutterlauge scheidet sich meist noch mehr ab. In dem Alkohol werden die Krystalle gelöst, kochend heiss filtrirt, wobei sich bei dreifacher Verdünnung das Leucin ziemlich rein ausscheidet. Das Tyrosin ist in kochendem Weingeist nicht löslich, bleibt also bei jener Behandlung im Rückstand. Dieser wird in wenig heissem Wasser gelöst, aus welchem das Tyrosin nach ein- bis zweimal 24 Stunden in buschelförmigen Krystallen auskrystallisirt. (Fig. 54.)

Zum Nachweis des Leucins und Tyrosins im frischgelassenen Harn wird dieser mit Bleiessig gefällt und nun im folgenden genau wie oben verfahren. Enthält der Harn Leucin und Tyrosin, so scheiden sie sich schon bei dem Verdunsten auf dem Oelbad in den charakteristischen Krystallen aus.



Die Tyrosinproben sind folgende: 1) Eine Lösung von Tyrosin wird durch salpetersaures Quecksilberoxyd in der Siedehitze schön rosenroth gefärbt und gibt später einen rothen Niederschlag (HERRMANN). 2) PIRIA'sche Reaktion. Man bringt etwas Tyrosin in Ubrglas, benetzt es mit 4—2 Tropfen concentrirter Schwefelsäure, wobei es sich vorübergehend rother Färbung auflöst. Nun lässt man das Glas gedeckt eine halbe Stunde stehen, verdünnt mit Wasser, sättigt mit kohlensauerem Baryt, filtrirt und setzt zu filtrirter neutraler Eisenchloridlösung, so zeigt sich sogleich eine sehr reiche violette Färbung. 3) SCHREIBER's Probe. Man dampft auf einem Porcellanschälchen die Tyrosinlösung mit Salpetersäure vorsichtig ab, wobei ein lebhaft gelber, glänzender Rückstand bleibt, der mit Natron eine rothgelbe Flüssigkeit gibt (unsicher).

Die Amidosauren schliesst sich auch an

**Alanin:**  $C_3H_7NSO_2$ . Ist ein Bestandtheil der Nieren, findet sich selten im Harn und in Blasensteinen. Seine Krystallform ist charakteristisch (cf. Harn).

**Kreatin:**  $C_4H_9N_3O_2$ , ist im Muskelfleisch, Gehirn, Blut etc. und im Harn enthalten und entsteht aus der Oxydation stickstoffhaltiger Gewebsbestandtheile. Es wird als Methylamido-Essigsäure betrachtet. VOLHARD stellte es künstlich dar. Mit Barytwasser zerfällt es unter Wasseraufnahme in Harnstoff und Sarkosin:  $C_4H_9N_3O_2 + H_2O = C_2H_5N_2O$  (Harnstoff) +  $C_2H_7NO_2$  (Sarkosin). Bei der Einwirkung von Säuren, durch Erhitzen mit Wasser, bei Gegenwart faulender Substanzen gibt das Kreatin Wasser ab und wandelt sich in eine starke, alkalisch reagirende Basis:

**Kreatinin:**  $C_4H_7N_3O$ , das sehr wohl charakterisirte Salze liefert, von denen das Kreatinin-oxalat zur quantitativen Bestimmung des Kreatinins benutzt wird.

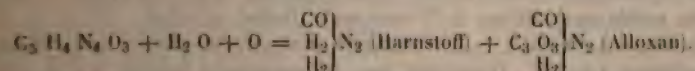
## VI. Ammoniakderivate und ihre Verbindungen.

### 2) von unbekannter Constitution.

**Harnsäure:**  $C_5H_4N_4O_6$ , findet sich in geringen Mengen im Harn des Menschen und der Säugethiere, in grösseren Mengen in den Excrementen der Vögel und Schlangen, Schildkröten, Leguanen, der Schmetterlinge, vieler Käferarten, sowie einiger Helixarten; im Blute (Gicht), im Saft mehrerer Drüsen, im Herzmuskel, Gehirn, in Harnsteinen, Harnsedimenten, Gichtknoten und in Concretionen in den Gelenkhöhlen bei Gichtkranken. Sie ist schwach sauer. Sie und ihre sauren Salze sind schwer in Wasser löslich, im Harn findet sich harnsaures Natron, harnsaures Ammoniak, harnsaurer Kalk.

Durch Oxydation liefert die Harnsäure bei Mitwirkung von Säuren Harnstoff und

**Alloxan** = Mesoxalylharnstoff, d. h. Harnstoff, der das Radical der Mesoxalsäure  $\begin{matrix} CO \\ | \\ C_3O_3 \\ | \\ H_2 \end{matrix} \} O_2$  enthält.



Es wurde in diarrhoischem Darmschleim gefunden, was darum wichtig erscheint, weil Alloxan ein Nebenprodukt der Harnstoffbildung aus Harnsäure ist.

Verdampft man Harnsäure mit Salpetersäure vorsichtig zur Trockne, so bleibt ein rothlicher Rückstand, der mit Ammoniak befeuchtet schon purpurroth wird. Die hier entstehende Verbindung ist das Ammoniaksalz der Purpursäure und wird als Farbe im Grossen dargestellt unter dem Namen Murexid:  $C_8H_4(NH_4)_2N_6O_6$ . Es bildet metallglänzende grüne Krystalle, die mit Wasser eine prachtvolle purpurrothe Lösung geben, welche durch Kalilauge blau wird (Harnsäurenachweis cf. Harn).

Bei Gegenwart von Alkalien liefert die Harnsäurezersetzung Kohlensäure und

**Oxaldehyd:**  $C_2H_2O_3$ , Bestandtheil des fötalen Harns, der Allantoisflüssigkeit der Kühe und Harn der Kälber und Sauglinge gefunden, auch im Hundeharn bei Respirationsstörungen. Im menschlichen Harn nach Gerbsäuregebrauch soll es vorkommen. Eine Lösung von Oxaldehyd liefert, mit Hefe versetzt, bei 30°C Harnstoff, oxalsaures und kohlensaures Am-

monat und eine unbekannte Säure, kochende Salpetersäure zersetzt es ebenfalls mit Adantonsäure, während es sich mit concentrirten Alkalien in Oxal ammoniak zersetzt.

An die Harnsäure schliesst sich noch an:

**Xanthin:**  $C_5H_4N_4O_2$ . Bestandtheil gewisser seltener Harnsteine, in geringen Mengen Saft des Harns, zahlreicher drüsiger Organe, des Gehirns, des Fleisches von Säug- und Vögeln. Es kann künstlich aus Hypoxanthin erhalten werden.

Der Nachweis des Xanthins in Harnsteinen ist leicht, da diese seltenen Steine ausschliesslich aus diesem Körper bestehen. Man behandelt eine geringe Menge Porzellanscherten mit Salpetersäure, wobei es sich ohne Gasentwicklung löst, bei langsamem Verdampfen bleibt ein gelber Rückstand, der sich mit Kali gelbroth färbt, beim Erhitzen eine violette Farbe annimmt (cf. Harnsäurenachweis, Guanin, Tyrosin).

**Hypoxanthin oder Sarkin:**  $C_5H_4N_4O$  kommt neben dem Xanthin vor, in welches Oxydationsmittel übergeführt werden kann. In der menschlichen Leber soll es nebst sogenannter gelber Atrophie vorkommen.

**Guanin:**  $C_5H_4N_4O$ . Bestandtheil des Guano (Excremente von Seevögeln), und in der Leber aufgefunden, auch in den Excrementen der Spinnen und in den pflanzlichen Massen in den Schuppen und Schwimmblasen der Fische. Mit Salpetersäure abgedampft gibt es einen citronengelben Rückstand (aus Xanthin und einem Stickkörper bestehend), der sich in Kali und Ammoniak mit tiefgelblicher Farbe färbt (cf. Harnsäurenachweis und Xanthin).

**Inosinsäure:**  $C_{12}H_{14}N_4O_{11}$  wurde in den Flüssigkeiten des Fleisches in geringen Mengen gefunden.

**Hypoxanthinsäure:**  $C_{12}H_{14}N_4O_8$  (?) im Hundeharn neben Harnsäure.

An die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Organismus schliessen sich noch an:

## VII. Die thierischen Farbstoffe.

**Farbstoffe aus dem Blut.** Höchst wahrscheinlich stammen die Mehrzahl der Farbstoffe von dem Blutfarbstoff = Hämoglobin ab, von dessen Zersetzung in einen Körper und einen rothen Farbstoff oben die Rede war. Diesen primär von dem Hämoglobin abspaltenden Farbstoff hat man bezeichnet als:

**Hämatin.** Unter diesem Namen hat man lange eine grosse Anzahl von Körpern gemeint, die man für den eigentlichen Blutfarbstoff ansprach, und die verschieden nach den Methoden der Darstellung. Am besten gelingt seine optische Charakterisirung bei Blut die Rede sein wird. Die als Hämatin bezeichneten Farbstoffe waren krystallinisch, theils amorph. HORRÉ-SKVLTA's Hämatin ist ein amorphes, blaues beim Reiben rothbraunes Pulver in Wasser und Alkohol unlöslich, löslich in wässrigem und weingeistigem Ammoniak, in schwefelsäure- und salpetersäurehaltigem Weingeist wie in kaustischen Alkalien. HORRÉ gibt ihm die empirische Formel  $C_{54}H_{34}N_4$ . Eine Umwandlung desselben durch Säuren in Gegenwart von Chlor ist das

**Hämin**, ein krystallisirter Körper, der zum gerichtlich-chemischen Nachweis des Blutes (cf. diesen) dient. HORRÉ erklärt es für salzsaures Hämatin:  $C_{54}H_{34}N_4FeO_2 \cdot HCl$ . V. GÖRUP-BERANEZ scheinen weder Hämin noch Hämatin reine Verbindungen zu sein (Farbstoff).

Der Farbstoff der Galle ist:

**Bilirubin**, höchst wahrscheinlich identisch mit Hämatoidin, das in Krystallen in extravasaten gefunden wird. Das Bilirubin:  $C_{48}H_{18}N_2O_6$  ist eisenfrei, braunroth, löslich in klinorhombischen Prismen, nur leicht löslich in Alkalien, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Chloroform beim Erwärmen. Es kommt vor in Gallensteinen, in der Galle des Menschen, des Hundes, der Katze, nicht in der des Rindes, pathologisch im ikterischen Blut, Gewebssäften. Mit den Alkalien bildet es wie eine einbasische Säure Verbindungen. Seinen Nachweis vergleiche man bei Galle.



sch Oxydation z. B. an der Luft und mit Salpetersäure geht aus ihnen hervor, kommt aber menschlichen Galle nicht vor, das

**Verdin:**  $C_{16} H_{20} N_2 O_5 = \text{Bilirubin} + H_2 O + O$ . Möglicherweise findet es sich in grüner Galle, grüner Menschengalle, grünem ikterischem Harn, dem grünen Erbrechen, es gibt es sicher seine Färbung, hier beginnt der Farbenwechsel der Gmelin'schen (cf. diese) mit der blauen Farbe.

**Uroscin:**  $C_{16} H_{20} N_2 O_4 = \text{Bilirubin} + H_2 O$  findet sich in geringen Mengen in menschlichen Gallensteinen.

**Uroprasin:**  $C_{16} H_{22} N_2 O_6 = \text{Bilirubin} + 2 H_2 O + O$  in menschlichen Gallensteinen, Rindswahrscheinlich häufig in ikterischem Harn.

**Urofarbstoffe.** Es sind verschiedene theils eisenfreie, theils eisenhaltige (Urobämatin, Urokin, Urokyanin dargestellt worden, die noch zu wenig genau untersucht sind, um eine eingehendere Darstellung zu gestatten. Wohl charakterisirt ist das

**Indican:**  $C_{20} H_{21} NO_{17}$ . Kommt in normalem Harn in geringer, in pathologischem Harn in grosser Menge vor, namentlich bei Leberkrebs, reichlich auch im Hundeharn, ertheilt dem Harn eine intensiv gelbe Farbe. Nachweis: Indicanreicher Harn mit Salzsäure versetzt lässt sofort einen feinpulverigen Niederschlag erkennen. 2) Von indicanarmem Harn mischt man 20–40 Tropfen in eine Proberöhre mit stark rauchender Salzsäure, die sich färbt sich rothviolett bis blau. Durch Zusatz von 2–3 Tropfen Salpetersäure wird die Empfindlichkeit der Reaktion gesteigert (v. GORUP-BESANZ), am sichersten ist die Reinigung. — Das Indican stört den Nachweis der Gallenfarbstoffe im Harn. In faulem Harn geht es von selbst in Indigblau über:  $C_{20} H_7 NO$ , dunkelblaues amorphes Pulver.

**Urokyanin (Uroglucin, Harnblau)** ist höchst wahrscheinlich unreines Indigblau, Urokin ist wohl das noch wenig studirte Indigoth (v. GORUP-BESANZ).

**Urobämatin (HARLEY)** ist eine hochrothe, glänzende, amorphe Substanz, die ihren Eisengehalt und einige Reaktionen Aehnlichkeit mit dem Hämatin zeigt, wobei aber die bisher noch geringe chemische Charakterisirung des Hämatins selbst erinnert werden muss.

**Urofarbstoffe.** Es sind zwei mit Sicherheit aus blauem Eiter, der die Verbandswunde manchmal lebhaft blau färbt, dargestellt. Die Träger des Pigments im Eiter sind eine Art von Vibrionen: *Vibrio lineola* ENRIKSS., welche auf eiternden Wunden in Verbandstücken vegetiren kann. LÖCKE, nach CHALVET sind es Pilze. Reines Pyocyanin kommt in blauen mikroskopischen Nadeln und Blättchen. Löslich in Wasser, Alkohol, Aether, weniger in Aether. Mit Säuren färbt es sich roth, in Alkalien blau wie Lackmus. Durch reducirende Substanzen wird es entfärbt, auch durch unzersetzten Eiter, mit Luft geschüttelt wird es dann wieder blau. Darstellung und Nachweis: Die blauen Verbandstücke mit Wasser extrahirt, die Flüssigkeit mit Chloroform geschüttelt, was den Farbstoff — erst blau, dann grün werdend — aufnimmt. Zur abgegossenen Chloroformlösung setzt man etwas mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser gesetzt, das den Farbstoff aufnimmt. Die rothe vom Chloroform getrennte Flüssigkeit wird mit Barytwasser neutralisirt, erst gelblich, bis die blaue Farbe wieder auftritt, wieder mit Chloroform geschüttelt, aus der blauen Chloroformlösung krystallisirt das Pyocyanin beim Verdunsten. — Neben dem Pyocyanin findet man noch im Eiter vor

**Uroanthin,** ein gelber Farbstoff, der aus der ersten Chloroformlösung durch etwas Aether (Aether) aufgenommen wird. Vielleicht kommt im Eiter auch Indigo vor.

**Schweissfarbstoffe.** Es sind rothe (blutiger Schweiß) und blaue nachgewiesen, über deren chemische Natur noch keine brauchbaren Angaben existiren. Der blaue Schweiß mag wohl von Pyocyanin gefärbt sein. Bei Kupferarbeitern ist an Kupfersalze zu denken (Wascheverunreinigung?) Bizio fand einmal Indican im Schweiß.



**Augen- und Hautpigmente = Melanin**, schwarzes Pigment. Normal meist als Inhalt in kleinen Körnchen, pathologisch in flachen rhombischen Krystalltafeln mit spitzen Winkeln. Sehr wenig löslich, eisenhaltig. Im schwarzen Augenpigment (MANN) 0,254% Eisen. Seine Formel ist nicht bekannt. Es kommt vor als Pigment der Irida, im MALPIGHI'schen Gewebe der Negerhaut und der Haut dunkelgefärbter Vögel, an dunkleren Hautstellen der Europäer, in den Haaren, in den Lungen, Bronchialdrüsen, schwarzes Pigment melanotischer Geschwülste, als schwarzer sedimentirender Farbstoff im Harn, als Pigment der Dinte mancher Cephalopoden, in den Pigmentzellen der Amphibienhaut. Sein Eisengehalt stellt es nahe an das Hämatin, von dem man seine Abkunft ableitet.

Ueber zufällige Körperbestandtheile vergleiche man bei Harn und a. a. O.

### Die chemischen Vorgänge zeigen in jeder Zelle eigenthümliche Verschiedenheiten.

Der Vorgang der Eiweisszersetzung sowie der Zersetzung der organischen Stoffe überhaupt ist in den verschiedenen Zellen ein verschiedener. Schon primären Veränderungen, welche das Eiweiss in dem Inhalte der verschiedenen Zellen erfährt, sind verschiedener Natur, wie die Bildung des Caseins, des Caseins etc. beweist, je nachdem das Eiweiss zu einem Bestandtheile einer Zelle oder einer Muskelzelle wird. Auch die Umwandlungen, welche die Proteine erleiden bei ihrer Verwendung zur Bildung der Zellmembranen und Zellenzwischenmaterialien sind verschiedener Art, je nachdem sie in der einen oder anderen Zellengruppe vor sich gehen, wie die chemischen Verschiedenheiten des leimgebenden Stoffes, des Knorpel- und Hornstoffes, des elastischen Stoffs, des Mucins, die wir an getrennten Orten zu den angegebenen Zwecken beschreiben werden, lehren.

Ähnlich verschieden verhalten sich in den anatomisch verschiedenen Geweben die weiteren Zersetzungs Vorgänge, welche zu den einfachen Produkten der reductiven Metamorphose führen, wie sie den thierischen Organismus endlich verlassen.

Leider ist die zoochemische Analyse in ihren Resultaten noch zu wenig geschritten, als dass man für alle Zellen und Zellenderivate schon den Zersetzungsmodus genau bezeichnen könnte, doch liefern jene wenigstens vorläufig den Beweis des aufgestellten Satzes von der Verschiedenheit in den Zellenvorgängen. Der Erfolg ist dabei jedoch überall der gleiche, stets werden schliesslich Kohlensäure, Wasser und Ammoniakverbindungen gebildet, nur der Weg, welcher diesem endlichen Ziele führt, ist ein verschiedener.

Um uns ein Bild von den chemischen Veränderungen der organischen Stoffe in den anatomisch verschiedenen Zellen zu machen, müssen wir die Bestandtheile der betreffenden Zellen nach ihrem Sauerstoffgehalt ordnen.

Danach würde in dem Muskelgewebe die Zersetzung in folgender Ordnung vor sich gehen (GOREP-BESANZ):

- lösliches Albumin
- gerinnbare Eiweisssubstanzen (Myosin)
- Syntonin
- Elastin (Substanz des Sarkomerins)

Inosinsäure . . . . .	}	N haltige Zersetzungsprodukte.
Sarkin . . . . .		
Xanthin . . . . .		
Kreatin . . . . .		
Kreatinin . . . . .		
Fette . . . . .	}	N freie Zersetzungsprodukte.
flüchtige Fettsäuren:		
Ameisensäure . . . . .		
Essigsäure . . . . .		
Buttersäure . . . . .		
Dextrin . . . . .		
Zucker . . . . .		
Inosit . . . . .		
Milchsäure . . . . .		

lich gestaltet sich die Reihe der Zersetzungen in dem Nervengewebe, sich in ihm verschiedene Albuminate, die in den Nervenfasern dem oder vornehmlich angehören, und es besitzt die gleichen Nhaltigen Zerstoffe wie die Muskeln. Die Markscheide der Fasern erscheint fettig, es aber, ob wirkliche Fette in der Nervensubstanz vorkommen. Die Hauptsteht aus Protagon, jenem hochzusammengesetzten, N und P, aber keinen enden Körper und dem Lecithin, welches vielleicht (LIEBREICH) ebenso aus der Nervensubstanz dargestellten phosphorhaltigen fettartigen Stoffe: horsäure, Glycerinphosphorsäure aus der Zersetzung des Protagons. Man findet noch Cholesterin. Die übrigen N freien Stoffe sind vielleicht en wie oben.

chemischen Vorgänge in dem Bindegewebe charakterisiren sich einerseits e Bildung der leimgebenden Substanz aus den Albuminaten, andererseits e Entstehung des Chondrin und durch die gegen chemische Einwirkung ihre Widerstandskraft ausgezeichnete elastische Substanz. Die Zellen Albuminate, Myosin. Das Bindegewebe zeigt mannigfache Einlagerungen er und anorganischer Natur: Pigmente, Fette, Kalksalze etc. Die weisetungsprodukte der primären Bestandtheile sind noch wenig unterd das, was den Ernährungsflüssigkeiten und dem Gewebe selbst angehört. t exakt getrennt.

er steht es mit der Erforschung der Chemie der drüsigen Organe.

er Leber ordnen sich die Zersetzungsproducte etwa in folgende Reihe

—BESANZ):

Collagen oder leimgebender Stoff		
Taurocholsäure	}	Gallensäuren
Glycocholsäure		
Gallenfarbstoff . . . . .		
Tyrosin (?) . . . . .	}	N haltige Zersetzungsprodukte.
Leucin . . . . .		
Guanin (?) . . . . .		
Sarkin . . . . .		
Xanthin . . . . .		
Harnsäure . . . . .		
Harnstoff . . . . .		

Stearin . . . . .	N freie Zersetzungsprodukte.
Palmitin . . . . .	
Oleïn . . . . .	
flüchtige Fettsäuren . . . . .	
Cholesterin . . . . .	
Glycogen . . . . .	
Traubenzucker (?) . . . . .	
Inosit . . . . .	
Milchsäure . . . . .	

Unter den Nhaltigen Zersetzungsprodukten der Milz fehlen die in der Leber sich bildenden Gallensäuren, dagegen findet sich mit den bei der Verdauung geführten besonders die Harnsäure; von eigentlichen Kohlehydraten kommen Inosit und Milchsäure vor, neben den flüchtigen Fettsäuren finden sich die Bernsteinsäure, Cholesterin. Charakteristisch ist für die Milz ein eisenhaltiges Albuminat (das Eisen ist wohl als phosphorsaueres darin gebunden) und eisenhaltige noch wenig studirte Pigmente.

In dem Pankreas findet sich neben Leucin, Tyrosin und Xanthin sicher das Guanin. Die N freien Zersetzungsstoffe sind etwa die gleichen wie in der Milz.

In den Nieren ist Sarkin, Xanthin, Kreatin, Harnsäure und Harnstoff vorhanden, von stickstofffreien Stoffen Inosit.

In dem Lungengewebe hat man folgende Stoffe nachgewiesen:

Albumin, Leucin, Taurin, Tyrosin, Harnsäure, Harnstoff, Inosit, Oxalinsäure.

Die Resultate der Gewebechemie liefern uns somit wenigstens Anhaltspunkte für eine Beurtheilung der chemischen Vorgänge in den verschiedenen Zellarten. Man sieht, dass jede thierische Zelle Zersetzungsprodukte enthält, die zwar einen gemeinsamen Charakter nicht verkennen lassen, indem sie Reihen bilden, die von hochzusammengesetzten Stoffen immer tiefer und tiefer bis zu den Elementen herabsteigen, aber doch in jeder anatomisch verschiedenen Zelle ihr spezifisches, originelles Gepräge tragen.

Der Lebensvorgang in den einzelnen thierischen Zellen ist zwar demnach der gleiche, überall beruht er im Grunde auf Rückbildung unter Stoffaufnahme; in jeder Zelle jedoch werden diese Vorgänge modificirt nach den Funktionen die in dem Haushalte des Thierorganismus von ihr gefordert werden. Die Stoffzersetzung in dem Muskelgewebe, das den mechanischen Kraftausdruck vorzustehen hat, ist ein verschiedener Vorgang und führt primär zu anderen Produkten als die chemische Thätigkeit in den Leberzellen oder den Zellen der Speicheldrüsen und Darmdrüsen, welche zu bestimmten chemischen Umgestaltungen verwendet werden zum Zwecke, diese für den thierischen Organismus als Nahrungsmittel- und Flüssigkeitsbestandtheile brauchbar zu machen.

### Funktionen der anorganischen Zellenstoffe.

Wir haben schon im Allgemeinen die Wichtigkeit der sogenannten anorganischen Bestandtheile des thierischen und pflanzlichen Körpers betont. In der That dienen sie theils dazu, den Pflanzenorganen als sogenanntes Skelett eine gewisse Festigkeit zu ertheilen, und sind somit schon von diesem Gesichtspunkte aus von Wichtigkeit.



ner Bedeutung für das Pflanzenleben; noch wichtiger sind aber jene, z. B. die Salze, die man in einer bestimmten Beziehung zur Erzeugung der organischen Stoffe erkannt hat. Es steht nach den besten Untersuchungen die Menge des in den Getreidesamen sich bildenden Eiweisses in einem geraden Verhältnisse zu den phosphorsaureren Salzen, die der Pflanze als Nahrungsmittel zu Gebote stehen. Ein ähnliches Verhältniss scheint zwischen der Bildung der Pflanzensäuren und den Alkalien zu bestehen, ohne Kalisalze ist kein Wachsthum möglich. Ohne Wasser und Sauerstoff ist die Entstehung und Erhaltung alles organischen Lebens vollkommen undenkbar.

In der thierischen Zelle finden wir die organischen Stoffe ebenso wie in der Pflanzenzelle mit jenen anorganischen Stoffen gemischt. Auch hier scheinen sie beiden oben angedeuteten Zwecken zu dienen. Zur Verleihung einer grösseren Festigkeit der Gewebe finden sich im thierischen Organismus vor allem die Verbindungen der Kalkerde mit Phosphorsäure und Kohlensäure verwendet. Die Festigkeit der Knochen und des verknöcherten Bindegewebes beruht auf einer Imprägnirung in ihre Zwischenzellenmassen vornehmlich von phosphorsaurerem und kohlensaurerem Kalk.

Sicher sind die verschiedenen anorganischen Bestandtheile, welche sich im Organismus gelöst befinden, die Hauptursache der Verschiedenheit der Oxydationsvorgänge in den verschiedenen Zellen. Das Vorwiegen der Phosphorsäure im Muskelgewebe und der Nervensubstanz wird Veranlassung der dort so häufig entstehenden sauren Reaktion, das Vorwiegen der kohlensauren Alkalien im Saften des Blutes, der Lymphe gibt diesen ihre Alkalinität. Es ist selbstverständlich, dass in sauren oder alkalischen Flüssigkeiten chemische Vorgänge wesentlich verschieden gestalten müssen, auch wenn in beiden die constituirenden Stoffe vollkommen die gleichen wären.

So wird uns schon durch diese Betrachtung der Werth der anorganischen Stoffe für die Zellenvorgänge verständlich, noch mehr werden wir in ihre Bedeutung in den Besprechungen des folgenden Capitels über Diffusionserscheinungen eingeührt werden. Die speciellen Auseinandersetzungen finden sich bei der Lehre von den Nahrungsstoffen, sowie bei den einzelnen Organen und Flüssigkeiten, vornehmlich bei dem Harn.

Im Einzelnen ist uns in Beziehung auf die Aschenbestandtheile noch das Dunkle unklar. Wir stehen vor einem Räthsel, wenn wir sehen, dass die Vertheilung der anorganischen Stoffe nach den verschiedenen Zellengruppen eine Verschiedenheit erkennen lässt. Wir fragen vorläufig umsonst nach dem Grunde, der in der Flüssigkeit des Blutes die Natronsalze, in den geformten Blutbestandtheilen im Muskel die Kalisalze vorwiegen lässt. Dass es für die Chemie der Zellen, denen sie sich finden, von höchster Wichtigkeit ist, ob sie Kali oder Natron, Phosphorsäure oder kohlensaure Salze enthalten, steht fest und wird uns noch klar werden; woher ihnen aber die Fähigkeit der Aneignung der für ihre Zusammensetzung nöthigen anorganischen Stoffe ertheilt wird, ist ein Problem, das eine spätere Zeit die Forschung erst Aufklärung zu geben hat. Die anorganischen Bestandtheile scheinen mit den organischen Stoffen in chemische Verbindung zu treten, in welcher Weise ist für's erste noch wenig erforscht.

Nach v. GORTZ-BESANZ sind folgende anorganische Bestandtheile in thierischen Organismen physiologisch enthalten:

## I. Wasser.

## II. Gase:

Sauerstoffgas	Kohlensäuregas
Wasserstoffgas	Sumpfgas
Stickstoffgas	Schwefelwasserstoffgas.

## III. Salze:

Chlornatrium	Phosphorsaurer Kalk
Chlorkalium	Phosphorsaure Bittererde
Chlorammonium	Phosphorsaure Ammoniak-Bittererde
Fluorcalcium	Phosphorsaures Natron-Ammoniak
Kohlensaures Natron	Phosphorsaures Eisen (das Eisen zu
Kohlensaures Kali	in anderen unbekannten Verbindungen)
Kohlensaures Ammoniak	Salpetersaures Ammoniak
Kohlensaurer Kalk	Salpetersaures Ammoniak
Kohlensaure Bittererde	Schwefelsaure Alkalien
Phosphorsaures Natron	Schwefelsaurer Kalk
Phosphorsaures Kali	

## IV. Freie Säuren:

Chlorwasserstoffsäure, (Schwefelsäure), Kieselsäure.

## Mikrochemie und chemische Lebensthätigkeiten der Zellen und des Blutes.

Im Allgemeinen gehen aus dem Vorstehenden die Hauptgesetze der Stoffmetamorphose in den animalen Zellen hervor, doch sind wir noch entfernt, über die Vorgänge im Einzelnen uns genügende Rechenschaft geben zu können. An die rein chemischen Beobachtungen, auf die wir bisher zu setzen, reihen sich noch mikrochemische Untersuchungsergebnisse an, die uns einen Einblick in die Stoffvertheilung und Stoffwandlung in den Einzelzellen der verschiedenen Gewebe gewähren.

Wir sehen die Lebenserscheinungen der Zellen an das Vorhandensein und die Thätigkeit des Protoplasmas (Cytoplasmas) geknüpft, es ist dieses, wenn wir der Ausdrucksweise KÖLLIKER's bedienen wollen, »der vorzugsweise lebende Theil der Zellen«, an ihm läuft der Stoffwechsel der Zellen hauptsächlich ab, die Bildung der übrigen Zellstoffe hat in ihm seinen Ausgangspunkt, ein Theil derselben sind nur als Ausscheidungen, Differenzirungen desselben zu betrachten. Die Ernährungsvorgänge der Zellen haben einen Hauptzweck in der Bildung des Protoplasmas. Ueber die Verschiedenheit des Protoplasmas in den einzelnen Geweben wissen wir noch wenig. Der Hauptbestandtheil des Protoplasmas erscheinen im Wasser gequollene Albuminate oder noch höher zusammengesetzte Stoffe zu sein, welche wie das Hämoglobin, Vitellin durch ihre Zusammensetzung erst Albuminate entstehen lassen neben anderen für die Zelle wichtigen Stoffen. Dieser Hauptbestandtheil ist mit einer wahren Lösung gesättigt, und verbunden mit neutralen Fetten und den Zersetzungsprodukten jener oben genannten höchsten chemischen Produkte des organischen Lebens.

Mit Recht kann man die chemischen Vorgänge in den animalen Zellen mit dem Protoplasma in ursächliche Verbindung bringen, wie wir sie



enzellen unzweifelhaft an die Anwesenheit des Protoplasmas und seiner Theile, Chlorophyllkörper, Zellkern geknüpft sehen. Auch in der animalen schein die Hauptthätigkeit der Zellenchemie von dem Kerne auszugehen. sehen die Lebensthätigkeiten der Organe mit der Bildung organischer ren, z. B. Fleischmilchsäure verlaufen, deren Entstehen um so reichlicher findet, je lebhafter die Thätigkeit der Organe ist. So sehen wir die neutrale schwach alkalische Reaktion des Muskel- und Nervengewebes durch angelegte Thätigkeit in eine saure Reaktion umschlagen. Diese chemische Umwandlung des Zelleninhaltes geht, wie es scheint, meist von dem Zellkern aus, der in der selben Zelle fortwährend eine saure Reaktion erkennen lässt (BEALE, KÖLLIKER, 1881) im Gegensatz zu seinen alkalischen Umgebungen. Diese saure Reaktion zeichnet sich in der Eigenschaft des Kernes, sich in neutraler Lösung von carmoisinem Ammoniak rasch und bleibend roth zu färben (GERLACH) durch Fixation von Carminsäure. Die Säurebildung findet sonach, offenbar unter besonders starker Einwirkung des in die Zelle aufgenommenen Sauerstoffs, beständig im Zellkerne statt, bei der gesteigerten Thätigkeit (und dem Absterben) der Zelle wird diese Säurebildung so mächtig, dass sich saure Reaktion in der Gesamtheit und ihrer Umgebung geltend macht, die sonst von den alkalischen umspülten Gewebs- und Zellensäften neutralisirt wird.

Der Stoffwechsel des Protoplasmas ist nach dem Vorstehenden mit der Bildung einer organischen Säure (z. B. Fleischmilchsäure) verknüpft, die höchstwahrscheinlich selbst wieder als das Zersetzungsprodukt einer höher zusammengesetzten Verbindung, z. B. eines Kohlehydrates, einer Zuckerart angesprochen werden darf. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass diese fraglichen Fleischmilchsäure liefernden Stoffe wenigstens zum Theil Zersetzungsprodukte der Albuminate sind. Vielleicht haben wir hier das eine Produkt der Spaltung der Albuminate die (LIEBIG) einen oder mehrere stickstofffreie und einen oder mehrere stickstoffhaltige Stoffe liefern soll. KÖLLIKER ist es gelungen auch das Vorhandensein eines Stoffes der zweiten Gruppe, der stickstoffhaltigen Körper, welche mit dem Harnstoff in mehr oder weniger naher Verwandtschaft stehen, aus dem reichlichen Protoplasma sicher nachzuweisen, was bisher bei Muskeln und Nerven noch nicht mit der genügenden Sicherheit möglich war. Das eiweissartige Protoplasma der Zellen der Leuchtorgane von *Lampyris* unterliegt zeitweilig der so lebhaften Sauerstoffeinwirkung, dass dabei Lichtentwicklung entsteht. KÖLLIKER konnte mikroskopisch nachweisen, dass dabei harnsaures Ammoniak gebildet wird, eine Entdeckung die theoretisch vom grössten Werthe ist.

Die Zellen der animalen Organismen enthalten wie die Pflanzenzellen entweder mehr oder weniger gleichmässig gemischtes Protoplasma, oder es zeigen sich Flüssigkeiten, Zellsaft aus diesem ausgeschieden. KÖLLIKER nennt die ersten Zellen, zwischen denen und den folgenden viele Uebergänge existiren, protoplasmatische im Gegensatz zu der zweiten Art, den diplasmatischen Zellen. Die animalen Zellen gehören in der Jugend und während ihres normalen Lebens überwiegend Mehrzahl nach der ersten Gruppe an. Deutlich diplasmatisch sind die Fettzellen, bei denen das Protoplasma auf ein geringes Minimum um den Kern reducirt scheint, während der übrige Zellenraum von flüssigem Fett erfüllt ist. Dasselbe ist bei den Leberzellen bei reichlichem Fettgehalt der Nahrung, z. B. bei säugenden Thieren der Fall. Auch die Abscheidung fester Sub-



stanzen aus dem Protoplasma reihen die Zellen, in denen das stattfindet, an die diplasmatischen an. So finden sich Pigmentkörner, die Eiweiss(?)körperchen, Dotter, Körner von harnsauren Salzen und Kalksalzen in den Zellen niedriger Thiere. Bei den Zellen der Drüsen scheint sich, wenn nicht der ganze Zellinhalt in Sekret umgewandelt und damit die Zelle zerstört wird, meist ein Theil der Zelle, ihr Protoplasma, zu erhalten und seine Verluste neu zu ergänzen, während daneben beständig Stoffe aus dem Protoplasma abgeschieden werden, die als Drüsenzellensekrete die Zelle verlassen. Am deutlichsten ist dieser Vorgang der Abscheidung der Zellensekrete aus dem Protoplasma bei einzelligen Drüsen (cf. S. 33) die neben dem Hohlraum, der die Ausscheidungen aufnimmt, welche durch den Ausführungsgang der Drüsenzelle entfernt werden, noch eine mehr oder weniger reichliche Protoplasamenge bewahren.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch die vom Protoplasma ausgeschiedenen Stoffe, z. B. in den Zellsäften und den Zellmembranen einen fortgesetzten Stoffwechsel und Erneuerung ihrer Bestandtheile erleiden. Für den Wechsel des Zellsaftes macht KÖLLIKER als auf eines der hiefür belehrendsten Beispiele auf schon angeführten fetthaltigen Zellen, z. B. aus der Leber säugender Thiere, die eigentlichen Fettzellen, aufmerksam, in denen das zeitweise massenhafte gehäufte Fett ganz verschwinden kann. Auch die Zellmembranen und Kapseln unterliegen dem Stoffumsatz, wie man z. B. aus der erwähnten, an die Bildung der Tüpfelzellen bei Pflanzen erinnernden Usur der Kapseln der Knorpelzellen bei Rachitis (S. 6) abnehmen kann.

Der diplasmatische Zustand der Zellen, z. B. der Drüsenzellen, ist als Verlauf der Zellenausscheidung, wie schon angedeutet, aufzufassen; es findet sich aber auch bei Zellen lebhaftere Abscheidungen aus der Zelle, wenn sie auch eine Sonderung des Zellinhaltes in Protoplasma und Zellsaft erkennen lassen. Diese Abscheidungen sind theils fester, theils flüssiger Art. Zu den festen Abscheidungen rechnet KÖLLIKER die Intercellularsubstanzen<sup>1)</sup>, die vor allem bei dem Bindegewebe mächtig entwickelt vorkommen, und die Cuticularbildungen. Die Stoffe, welche diese festen Zellenabscheidungen bilden, hat die Zelle nicht aus aussen direkt bezogen, da sie in den Ernährungsflüssigkeiten nicht enthalten sind. Schleim, leimgebende, chondringebende, elastische Substanz, bei den Tunicaten die Cellulose, sind aus dem Nährmaterial durch die spezifische Zellenthätigkeit erzeugt. Viele Zellen scheiden flüssige Zwischenmaterie, Zwischenzellflüssigkeiten aus. Hier haben wir an die Blut-, Lymph- und Chylusflüssigkeiten, an die Drüsensäfte und Parenchymsäfte zu denken, die auf Rechnung der Zellenthätigkeit zu setzen sind. Diese Abscheidung von Flüssigkeiten zeigt eine fernere Verschiedenheit, als einige Zellen Stoffe ausscheiden, die ihnen vom Nahrungszugeführt wurden, wie z. B. die Nierenzellen, andere Zellen aber analog den genannten festen Abscheidungen, Stoffe abgeben, die sie durch ihre spezifische Lebensthätigkeit in sich gebildet haben, wie die Zellen der Leber, der Magendrüsen.

So unterliegt also die ganze Zelle mit allen ihren Organen und Bestandtheilen dem Stoffumsatz.

Der Stoffumsatz in den Zellen ist an eine Aufnahme von Sauerstoff gebunden.

<sup>1)</sup> Conf. dagegen oben bei Bindegewebe S. 25 ff.

den Vorgang, den man im Allgemeinen als Zellenrespiration bezeichnen kann. Was von den Geweben bekannt ist, dass sie dem Blute und unter anormalen Bedingungen der Luft Sauerstoff zur Unterhaltung ihrer Thätigkeit entnehmen und theils sogleich verwenden, theils zur Verwendung in sich in irgend einer Weise aufspeichern, um von diesem Vorrath zu zehren, das zeigen auch die einzelnen Zellen. Einzellige Thiere und Pflanzen respiriren; bei Thieren die durch Tracheen (cf. Athmungsorgane) athmen, verzweigen sich diese Luftkanäle nicht nur an den Zellen, sondern dringen sogar in diese ein, wie in die Zellen der Spinorgane der Raupen und in die Muskelzellen (KÖLLIKEN).

Offenbar steht der Stoffwechsel in den Zellen auch unter Nerveneinfluss. Er sehen ihn dadurch zeitweilig enorm gesteigert werden, wie in dem thätigen Muskel- und Nervengewebe oder in den Leuchtorganen der *Lampyris*, in den Zellen des Verdauungsapparates etc. Wie wir uns diesen Nerveneinfluss denken haben, ist noch nicht sicher festgestellt, elektrische Vorgänge spielen vielleicht hier eine Rolle.

Man betrachtet, wie aus der Darstellung der Formverhältnisse der Zellen hervorgeht, die Eizelle gewöhnlich als den Typus der Zellen, da sich alle folgenden aus ihr entwickeln. Die Eier oder deren Dotter, welche eine grössere, genaueren chemischen Analyse ausreichende Masse darbieten, bestehen ausser der Hauptmasse nach nicht aus der eigentlichen Eizelle, sondern aus dem sogenannten Nahrungsdotter, der zwar das Material für den sich ausbildenden Organismus liefert, der aber doch nicht direct mit dem Protoplasma identisch werden darf. Immerhin haben wir es mit dem ersten Nahrungstoff zu thun, aus dem die animale Zelle ihre Bestandtheile bildet, und zwar zu einer Zeit, in der das specifische Zellenleben sich erst auszubilden beginnt, in der sonach den Zellen gelieferte Nahrung möglichst schon die Zusammensetzung der Zelle selbst besitzen wird. Von diesem Gesichtspunkt aus ist die Physiologie der Eier von Vögeln, Amphibien und Fische, die eine nähere Untersuchung erfahren haben, von Wichtigkeit für die Lehre von dem Einzelleben der Zelle. Leider sind die Resultate auch bei ihnen noch wenig genügend.

Im Eidotter sind mit Sicherheit folgende Stoffe nachgewiesen: Eiweissstoffe, wie (Olein und Palmitin), ein phosphorhaltiger organischer Körper von höchster Zusammensetzung, das Vitellin, das durch seine Zersetzung wahrscheinlich Eiweiss oder Lecithin bildet (HOPPE-SEYLER), ein gelbes und ein rothes eisenhaltiges Pigment, Traubenzucker, Cholesterin und Salze, unter diesen Kalisalze, aber auch reichlich auch Natronsalze und Phosphorsäure. Die Zusammensetzung entspricht also etwa der des Protoplasmas, wie wir sie oben zu geben versucht haben. Das Eiweiss, welches die Dotter der Vögel umhüllt, besteht ausser reichlich Wasser vorzüglich aus Albuminaten und zwar hauptsächlich in Salzen gelöstes Albumin, wenig Kasein und nur Spuren von Globulin, ausserdem ziemlich viel Traubenzucker (2% der festen Stoffe) und Asche (3% der festen Stoffe), die reich an Chlor und arm an Phosphorsäure ist, aber überwiegend Kalisalze enthält, daneben Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Kieselerde für die Bildung der Federn. Ein Theil des Kalkes für die Entwicklung des Embryo wird auch von den Eierschalen geliefert, die hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia bestehen.

Zur Entwicklung bedarf das Ei der Zufuhr von Wärme und Sauerstoff, es zeigt eine vollständige Respiration. In dem stumpfen Ende des Hühnereies be-



findet sich ein mit Luft gefüllter Raum, in welchem nach Biscoff im Mittel 2 Volumenprocente Sauerstoff sich finden, also mehr als in der atmosphärischen Luft, welche in 100 nur 20 Volumina Sauerstoff (= 23 Gewichtsprocent) besitzt. Diese Luft wird als Athemreserveluft angesehen. Ausserdem muss sich entwickelnden Ei beständig Sauerstoff zugeführt werden, für welchen Kohlensäure und Wasser ausscheidet. Nach den Beobachtungen BAUMEYERs der Hühnereier in einem Apparat künstlich ausbrütete, in dem er die aufgenommene Sauerstoffmenge und die abgegebene Kohlensäure und das Wasser bestimmen konnte, verloren die Eier in 20 Tagen bis zum Ausschlüpfen des Hühnchens 26,82% an Gewicht unter Aufnahme von 6,29% Sauerstoff und Abgabe 8,412% Kohlensäure und 24,69% Wasser. Das Volum des eingeathmeten Sauerstoffs ist stets etwas grösser als das der expirirten Kohlensäure, da der Sauerstoff nicht nur zur Bildung der Kohlensäure und eines kleinen Theils des Wassers sondern zur Bildung auch anderer Stoffwechselprodukte verwendet wird, da das Ei nicht verlassen. Die weiteren Stoffwechselvorgänge im Ei sind im Einzelnen noch sehr wenig bekannt. Im Allgemeinen entsprechen sie den für die animalischen Zellen bisher erkannten Gesetzmässigkeiten.

Wenn wir auch nicht verkennen dürfen, dass uns die Wissenschaft jetzt die allgemeinen Principien für die Beurtheilung der chemischen Vorgänge in den Zellen der Pflanzen und Thiere geliefert hat, so bleibt doch in Beziehung auf die einzelnen Akte der Zellenthätigkeit der Forschung noch eine grosse Aufgabe zu lösen, die um so wichtiger ist, da nicht nur die Formbildung, sondern auch die Kräfteerzeugung in den Zellen und durch die Zellen von der Thätigkeit des Stoffwechsels bedingt werden.

Die Eier der Fische und Amphibien unterscheiden sich von den Eiern der Säugethiere nicht unwesentlich. In der Dotter der unreifen Eier der Schildkröten, der Raie und Knochentische finden sich krystallähnliche Blättchen: Dotterblättchen von verschiedener Gestalt und Zusammensetzung, nach RADKOPF wahre doppelbrechende Krystalle (cf. folgendes Capitel). Sie zeigen weder vollkommen das mikrochemische Verhalten des Eiweisses, noch das der Fette (VIRCHOW), sie enthalten nach VALESCIENNES und FAYELL viel Phosphor, dass es wahrscheinlich erscheint, dass dieselben aus Vitellin oder wenigstens aus sehr nahe stehenden Stoffen bestehen (Paravitellin nach GORLEY); man bezeichnet diese Stoffe bisher als Icthin, Icthinidin, Icthinulin, Emydin, scheint aber bei der Untersuchung stets unreine Substanzen vor sich gehabt zu haben. Diese farblosen und glänzenden Krystalle oder Krystalloide zeigen in den Eiern einzelner Species verschiedene Formen. Bei *Raja clavata* sind es rechtwinkelige Tafeln, bei *Squalus galeus* sind sie gonial, bei *Rana quadratilis* elliptisch oder kreisrund bei *Torpedo marmorata*. Nach GORLEYs Untersuchungen zeigen chemisch die Karpfeneier und das Eigelb der Hühnereier Uebereinstimmung (v. GORLEY-BESANZ):

	Hühnerei in %	Karpfenei in %
Wasser . . . . .	54,486	64,080
Feste Stoffe . . . . .	45,514	35,920
Vitellin resp. Paravitellin . . . . .	15,760	14,060
Palmitin und Olein . . . . .	21,304	2,574
Cholesterin . . . . .	0,438	0,266
Phosphorhaltige Fette . . . . .	8,426	—
Lecithin . . . . .	—	3,045
Cerebrin (Protagon) . . . . .	0,300	0,205
Extraktivstoffe . . . . .	0,100	0,389



	Hühnerei in ‰	Karpfenei in ‰
Pigmente . . . . .	0,553	0,033
Chlorammonium . . . . .	0,034	0,042
Chlornatrium und Chlorkalium	0,277	0,447
Schwefelsaures und phosphorsaures Kali }		0,037
Phosphorsaure Erden . . . . .	1,022	0,292
Membransubstanz . . . . .	—	14,530

nach den Untersuchungen von PROUT nimmt bei der Bebrütung, bei der Ausbildung des Eies der Gehalt des Eiinhaltes sehr bedeutend an Kalk und Bittererde zu, die beide aus der Schale entzogen werden. Während bei zwei unbebrüteten Eiern der Kalk- und Bittererdegehalt auf 1000 Theile nicht 1 Theil betrug (genau 0,98 und 0,99) stieg derselbe bei völlig ausgebrüteten Eiern auf fast 4 Theile (genau 3,96 und 3,82), die Vermehrung nach eine vierfache. Die Phosphorsäure der Dotters wird mit dem Kalk der Eischale zur Knochenbildung verwendet. Während der Bebrütung vermindert sich der Fettgehalt des Dotters (PREVOST und MARIN). BURDACH fand aber eine bedeutende Zunahme des Alkohol- und Aetherextraktes bei den sich entwickelnden Eiern einer Helixart: *Limnaea stagnalis*, die Kosten der Albuminate statthaben soll, die ihm eine Verminderung ergaben. Der Alkohol- und Aetherextrakt kann jedoch nicht als »Fett« betrachtet werden, da er eine bedeutende Menge anderer Substanzen noch enthält; auf welchen Stoffen die betreffende Zunahme bedarf weiterer Untersuchung (GORUP-BESANEZ).

### Drittes Capitel.

## Die Physik der Zelle.

#### Vom Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Die Elementärstoffe, an welchen das animale Leben zur Erscheinung kommt, sind von den Stoffen der anorganischen Natur nicht verschieden; die gleichen Elementarbestandtheile bilden Luft und Boden und gehen in die Zusammensetzung der lebenden Organismen ein.

In unseren vorausgehenden Betrachtungen lernten wir den Kreislauf der Materie kennen, in welchem aus den anorganischen Stoffen Stoffe organischer Art gebildet und diese wieder zurück verwandelt werden in chemische Verbindungen, die den Charakter des anorganischen an sich tragen.

Dadurch, dass chemische Elementärstoffe in chemische Verbindungen irgend welcher Art eintreten, verlieren sie selbst Nichts an ihren chemischen Eigenschaften. Es wird durch die chemischen Verbindungen der Elemente unter einander, wodurch Stoffe mit ganz neuen Eigenthümlichkeiten entstehen, an ihnen Nichts geändert. Durch die chemische Verbindung geht keine der Eigenschaften der vereinigten Stoffe absolut verloren. Man kann aus allen, auch aus den am complicirtesten zusammengesetzten chemischen Körpern die constituirenden einfachen Stoffe vollkommen nach Form, Gewicht und Kräften wieder erhalten, wie sie bei der Bildung des betreffenden Körpers zusammengetreten sind.

Auch dann, wenn ein chemischer Stoff Bestandtheil eines lebenden Organismus geworden ist, verliert er Nichts an seinen ihm in anorganischem Zustand zugehörigen Eigenschaften.

Wir finden in den chemischen Vorgängen im Organismus das gleiche Spiel der chemischen Affinitäten und wechselseitigen Anziehung und Abstossung, wie es sich in den anorganisch-chemischen Vorgängen zeigt. Die Salzbildung in Säuren und basischen Körpern findet sich in den Flüssigkeiten der Zellen ebenso wie ausserhalb derselben; keines der Elemente verliert seine Fähigkeit, sich mit Sauerstoff zu vereinigen; die Vereinigungsprodukte der Elemente mit Sauerstoff sind schliesslich die gleichen, welche sich auch in der anorganischen Natur als Verbrennungsprodukte der gleichen Elementärstoffe bilden. Der Kohlenstoff in chemischen Verbindungen des Organismus wird in diesem schliesslich zu Kohlensäure, wie ausserhalb desselben; der Wasserstoff bildet in beiden Fällen

einer Verbindung mit Sauerstoff Wasser. Der Lebensprocess selbst ist ein Scheidekünstler, welcher aus den organischen Stoffen die sie constituirenden Bestandtheile wieder zu gewinnen versteht, zum Beweise des Satzes, dass nirgends in der Natur Etwas, auch nur ein Atom von den vorhandenen Elementarstoffen verschwindet oder neu gebildet wird. Die Materie trägt für den Naturforscher den Charakter der unvergänglichen Beständigkeit. Ueberall wo das Auge des Menschen ein Neuentstehen von Stoff, ein Vergehen desselben zu erblicken meint, zeigt uns die Naturwissenschaft nur einen Wechsel der Form, Wechsel der chemischen Mischung der Materie kennen. Sie zeigt uns, wie aus luftförmigen, ungreifbaren Stoffen sich feste sichtbare und greifbare Körper zusammensetzen können, die nach kürzerer oder längerer Zeit des Bestehens wieder zu vergehen können, indem ihre Bestandtheile wieder die physikalischen Charaktere der Luft annehmen, die sie vor der Bildung des festen Körpers besessen haben.

Das eben vorgetragene naturwissenschaftliche Grundgesetz wird das Gesetz der Erhaltung des Stoffes genannt. Mit seiner Erkenntniss wurde die Chemie eine Wissenschaft.

Wie die Chemie eine Erhaltung des Stoffes lehrt, so basirt die neuere Physik auf dem analogen Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Auch die physikalischen Kräfte, welche wir in der Natur thätig sehen, wie Wärme, Elektricität, mechanische Bewegung entstehen weder aus Nichts und in ihnen geht Nichts verloren. Ueberall wo wir scheinbar eine Kraft verschwinden sehen, verwandelt sie sich in Wahrheit nur in eine neue Kräfteform, und wir können keine Bewegung herstellen, der nicht ein gleichzeitiges Erlöschen einer andern Bewegung entspricht. Wir sehen z. B. Wärme in Elektricität, Elektricität in mechanische Bewegung, mechanische Bewegung in Wärme übergehen. Wir sehen diese Kräfte entstehen aus einem Kraftvorrath, aus Spannkraft, die in den Körpern gleichsam ruhend aufgespeichert sein kann. Rückwärts sehen wir aus andern Kräfteformen wieder Spannkraft gebildet. Wir sind im Stande die genannten Kräfte willkürlich die eine in die andere zu verwandeln. So beständig die Materie selbst, sind auch die an ihr wirksamen Kräfte. Wie nirgends ein Elementarstoff entsteht oder vergeht, ebenso wenig entsteht eine Kraft aus Nichts und geht in das Nichts zurück. Alle Kräfte, denen wir in der Natur begegnen, sind nur Umwandlungsprodukte der einen grossen, mechanischen Kraft, welche das ganze Weltall in Bewegung erhält.

Die Bewegungserscheinungen, welche wir von den animalen Organismen zu sehen sehen, die ganze Kräfteentwicklung derselben scheint principiell von den Kräfteentwicklungen der anorganischen Welt verschieden zu sein.

Wo fänden sich passende Analogieen in der anorganischen Natur mit den Bewegungsvorgängen in den Nerven? Das seelenvolle Spiel der Gesichtsmuskeln scheint Nichts mit der Mechanik unserer Instrumente gemeinsam zu haben.

Es war der grösste Fortschritt der Physiologie, als sie trotz des gegentheiligen Scheines, für welchen noch das menschliche Selbstgefühl Partei nehmen zu lassen schien, erkannte, dass auch die Kräfte des thierischen und menschlichen Organismus von dem Gesetze der Erhaltung der Kraft keine Ausnahme machen. Wenn es der Forschung auch in manchen Einzelfällen noch nicht mit voller Sicherheit gelungen ist, den Modus der Kräfteübertragung in den kraftproducirenden Organen zu erkennen, so steht doch als unumstössliche Thatsache für alle



Zeiten fest, dass die mechanischen Kraftleistungen der Thiere und Menschen unter Umständen zu Stande kommen, unter denen solche auch in der anorganischen Natur auftreten. Die thierische Wärme, die mechanische Arbeit, die Elektricitätsentwicklung, die Ortsbewegungen der Flüssigkeiten und Gase, alle Bewegungserscheinungen, die uns bisher im Organismus des Menschen und der Thiere bekannt geworden sind, gehen in ihnen nach denselben Gesetzen vor sich, stehen absolut aus den gleichen Quellen, wie wir es bei ihrem Auftreten und den Wirkungen an anorganischen Körpern wahrnehmen können. Die physikalischen Kräfte, welche in der anorganischen Welt wirksam sind, wirken in vollkommener gleicher Weise auch an den in organische Verbindung eingegangenen Stoffen. Wir werden in folgenden Besprechungen Gelegenheit finden, die Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus und in ihm eingehend zu betrachten. Es wird sich zeigen, dass die Gesetze der Bewegung des Pendels, des Hebels ebenso in der Mechanik auch hier ihr Recht behaupten. Wir werden die thierischen Funktionen abhängig finden vom Luftdrucke, von dem Drucke der einzelnen in der Atmosphäre constituirenden Gasarten. Der Austausch der Flüssigkeiten, der Uebergang von Lösungen aus einer Zelle in die andere geht im Allgemeinen in gleicher Weise vor sich, wie sich ausserhalb der Zelle die Stoffe mischen.

Der grösste Antheil der vom thierischen Organismus selbst producirten Kräfte zeigt sich als Wärme, Elektricität und mechanische Bewegung. Sie stammen, wenn man von den specifischen Eigenthümlichkeiten dieses Vorganges in den Zellen, die in dem vorstehenden Capitel entwickelt wurden, absehen, aus der Kraftequelle, welche auch von der praktischen Mechanik zur Krafteerzeugung in der ausgedehntesten Maasse benützt wird: aus der Oxydation. Die genannten Kräfteformen werden frei dadurch, dass sich die Körperbestandtheile mit Sauerstoff verbinden.

Zu der Constitution der freien Elementarstoffe gehört neben den anderen Eigenschaften, die sie charakterisiren, auch ein bestimmter Kraftvorrath, eine Summe von Spannkraften, welche unter Umständen in wirkliche Arbeitsleistung übergeführt werden kann. Die chemischen Verbindungen der Elementarstoffe unter einander lassen im Ganzen eine geringere Menge von Spannkraft an sich erkennen, als die einfachen, unverbundenen Elemente selbst. Es ist daher klar, dass bei der Verbindung der Elemente unter einander, z. B. bei der Verbindung mit Sauerstoff zu Oxydationsprodukten, oder wenn sich Oxydationsprodukte — Säuren und Basen — mit einander vereinigen etc., die Elemente ihrer Spannkraft zum Theil oder gänzlich verlustig gegangen sind. Nach dem Principe der Erhaltung der Kraft kann dieses Verlorengehen kein absolutes sein, und wirklich sind wir im Stande die von den Elementarstoffen bei ihrer Vereinigung freigewordenen Spannkräfte als Bewegungen der Materie wieder aufzufinden: als Wärme, Licht, Elektricität, mechanische Bewegung: Arbeit.

Was verstehen wir unter Spannkraften? Die Spannkraft, der Kraftvorrath wird stets in die Körper hineingearbeitet, es muss eine bestimmte Summe der Kraft aufgewendet, verbraucht werden, um einem Körper eine bestimmte Menge von Spannkraft zu ertheilen. Am einfachsten erscheint der Vorgang bei dem Heben eines Gewichtes (TYNDALL), dem wir durch das Heben Spannkraft ertheilen, die es bei dem Fallen — etwa als Ubergewicht — wieder in Arbeit zu verwandeln vermag. So lange das Gewicht den Boden berührt, abt es einen gewissen

auf diesen aus, wir wissen, dass die Erde und das Gewicht gegenseitige Anziehungskraft besitzen, die Ursache jenes Drucks, der Schwere. So lange das Gewicht und die Erde sich berühren, ist ihre gegenseitige Anziehungskraft soviel als sich befriedigt und es kann keine Bewegung zur gegenseitigen Annäherung stattfinden, da die wirkliche Berührung die Möglichkeit einer Bewegung ausschliesst. Denken wir uns das Gewicht an eine Schnur befestigt, über eine Rolle an der Decke des Zimmers läuft, an welcher wir es in die Höhe ziehen können. Dort verweilt es, wenn wir die Schnur befestigen, vorläufig bewegungslos wie zuvor auf der Erde, allein indem wir einen Zwischenraum zwischen der Erde und dem Gewicht gebracht haben, wurde diesem eine Bewegung ertheilt, die Kraft verliehen. Das Gewicht kann fallen und während seines Herabfallens eine Maschine in Bewegung setzen oder andere Arbeit leisten. Durch das Fallen von der Erde wurde dem Gewichte eine Arbeitsfähigkeit ertheilt, die wir als Kraftvorrath oder mit HELMHOLTZ als Quantität der Spannkraft bezeichnen. Ertheilt man in dem speciellen Fall von dem Zug der Schwere, der gegenseitigen Anziehung des Gewichts und der Erde her, welche aber noch nicht in Bewegung eingegangen ist. Lassen wir das Gewicht fallen, so wird es in jedem Augenblick von der Schwere abwärts gezogen und seine gesammte Bewegungskraft ist die Summe aller dieser einzelnen Wirkungen. Während des Herabfallens wird der Kraftvorrath, den wir durch das Heben dem Gewichte ertheilt haben, wirksam, wirkliche Arbeit wird in wirkliche Arbeit umgesetzt. Hat das Gewicht seinen ersten Fuss seines Falles vollbracht, so ist die Zugkraft, die es gegen die Erde zieht, um die Quantität verringert, die nöthig ist, um den Fall durch diesen Fuss zu bewirken. Sein Arbeitsvorrath ist um «einen Fuss» vermindert, das Gewicht besitzt nun eine äquivalente Quantität von wirksam gewordener oder lebendiger Kraft, welche in entgegengesetzter Richtung angebracht, das Gewicht wieder auf seine ursprüngliche Höhe heben würde; wenn der Arbeitsvorrath verschwindet, tritt dafür lebendige Kraft als Arbeitsleistung auf. Die Summe dieser beiden Arbeitsgrössen bleibt durch das ganze Weltall gleich. Dieses Princip, nach welchem es unmöglich ist, Kraft oder Arbeit zu erschaffen oder zu vernichten, ist eben das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

In dem Arm, der das Gewicht hebt, wurde eine entsprechende Quantität Kraft in anderer Gestalt verbraucht; würde das Gewicht durch eine Dampfmaschine gehoben, so würde dabei eine der geleisteten Arbeit genau äquivalente Warmemenge verschwinden: indem sich lebendige Kraft in Spannkraft umwandelt.

Die Wärme selbst ist eine Art von Bewegung, wie alle anderen lebendigen Kräfte auch. Die Wärmebewegung findet meist als Oscillation an den ponderablen, physikalischen Atomen (und ihren Aetherhüllen) eines Körpers statt, oder eine sehr lebhafteste Bewegung der kleinsten Theilchen eines Gegenstandes, die in uns diejenige Empfindung hervorruft, wegen deren wir den Gegenstand warm bezeichnen. Was in unserer Empfindung als Wärme erscheint, ist also der Gegenstand selbst eine Bewegung (LOCKE bei TYNDALL).

Die Wärme, die Bewegung der Atome und ihrer Aetherhüllen wird also in unserm Beispiel in Bewegung einer grösseren Masse, diese in Spannkraft umgewan-



delt, die wieder in Massenbewegung und z. B. durch unelastischen Stoss oder Reibung in Wärme umgesetzt werden kann, welche, wenn wir Verlust ausschließen, neuerdings im Stande wäre, die betreffende Masse auf die alte Höhe zu erheben.

Es ist für die Vorstellung von kaum grösserer Schwierigkeit, zwei Atome, die sich vermöge einer Anziehungskraft vereinigt haben, in Gedanken ebenso voneinander zu trennen, wie wir Erde und Gewicht, die sich vermöge ihrer Anziehungskraft (Schwere) bis zur Berührung vereinigten, durch Aufwendung einer gewissen Kraftsumme, durch Erhebung des Gewichtes von einander scheiden konnten. Die Trennung der Atome wird ebenfalls eine bestimmte, von der einwirkenden Kraftsumme verbrauchen, wie die Hebung des Gewichtes. Die Attraktionskraft, welche zwei freie, durch irgend eine Kraft getrennte Atome, welche chemische Verwandtschaft gegen einander besitzen, zusammenzieht, ist nur in ihrer Wirkungsweise von der Schwerkraft nicht verschieden. Wie ein Stein, der in das Attraktionsbereich der Erde hineingezogen wurde, auf die Erde herabstürzt, wobei Licht- und Wärmeerscheinungen der Heftigkeit des Stosses entsprechend eintreten, so sehen wir sich gegenseitig anziehende Moleküle, wenn sie in ihre Wirkungssphäre, in unmerklich kleine Entfernung gelangt sind, der grössten Heftigkeit zusammenstürzen, um sich zu vereinigen. Die chemischen Kräfte, welche die Atome mit so grosser Heftigkeit gegen einander fahren machen, versetzt die Atome selbst in heftige Schwingungen, die sich der Umgebung mittheilen können (Wärmestrahlung, Wärmeleitung).

Indem zwei Atome, die sich durch chemische Anziehung vereinigt haben, voneinander getrennt werden, wird eine bestimmte Menge Kraft aufgewendet. Den freien Atomen dann ebenso innewohnt als Kraftvorrath, als Spannkraft, wie dem von der Erde gehobenen Gewicht. Durch das Zusammenstürzen der Atome, durch ihre Wiederverbindung, werden diese Spannkräfte wieder in lebendige Kräfte: Wärme, Elektrizität, äussere Arbeit umgewandelt. Chemische und physikalische Spannkräfte sind also im Principe nicht von einander verschieden.

Das Gesetz der Erhaltung der Kraft lehrt, dass keine Kraft im Weltall verloren schwinden oder neu entstehen könne, dass die verschiedenen lebendigen Kräfte und Spannkräfte sich nur in einander umwandeln, die Summe aller Kräfte aber stets die gleiche. Was wir für die Summe aller Kräfte aussagen, gilt aber auch verständlich nicht, wenn wir nur eine Kräfteform, z. B. die Wärme betrachten. Der Wärmeevorrath des Weltalls nimmt ab, wenn Wärme in eine andere Form lebendiger Kraft, Elektrizität, Massenbewegung etc. übergeführt wird, oder wenn sie sich als Spannkraft, als Kraftvorrath, als Vorrath an geleisteter Arbeit anhäuft. Die Lehre von der Umwandlung der Kräfte in einander und zwar vor allem von der Umwandlung der Wärme in Arbeit und umgekehrt im Sinne der technischen Mechanik, welche durch den Verbrauch von Wärme Lasten zu heben, Massen bewegt, pflegt man als mechanische Wärmetheorie zu bezeichnen, die in diesem Sinne vor allem durch CLAUSIUS ihre Ausbildung erfahren hat. Die Begründer der Lehre von der Erhaltung der Kraft sind J. R. MAYER (früher VON MAYER), HELMHOLTZ, JOULE.

Der erste Grundsatz der mechanischen Wärmetheorie behauptet die Äquivalenz von Wärme und Arbeit, die sich aus dem allgemeinen Gesetz der Erhaltung der Kraft ergibt. Durch Aufwendung von Wärme kann mechanische Arbeit geleistet werden.



Aufwendung von mechanischer Arbeit kann Wärme erzeugt werden; die erzeugte brauchte Arbeit sind der verbrauchten und erzeugten Wärme proportional. Die Wärme zu messen, nimmt man meist als Einheit an die Wärmemenge, welche ist, um 4 Kilogramm Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $4^{\circ}$  Celsius zu erwärmen. Als Arbeitseinheit, 20 Arbeit, welche erforderlich ist, um 4 Kilogramm auf 4 Meter Höhe zu heben; man die Arbeitseinheit kurz 4 Kilogramm meter, während man die definirte, als Masse Wärmemenge als 1 Wärmeeinheit bezeichnet.

Anwendung dieser Grössen können wir nach dem Gesagten eine Zahl angeben, welche gibt, wie viel Arbeitseinheiten durch den Verbrauch einer Wärmeeinheit geleistet werden können und umgekehrt, wie viele Arbeitseinheiten verbraucht werden, um eine Einheit zu liefern. Diese Zahl, die experimentell festgestellt werden musste, wird mechanische Aequivalent der Wärme genannt. Für die obigen Grössen beträgt Mittel: 430. Wenn wir andere Arbeitseinheiten zu Grunde legen, z. B. das Fusspfund oder Grammometer, so wird die Zahl natürlich eine entsprechend andere. Wir sind nach Ergebnissen im Stande, durch Verwendung von 1 Wärmeeinheit 430 Kilogramme hoch zu heben. Umgekehrt müsste die gleiche Arbeit: 430 Kilogramm meter verrichtet werden, z. B. durch Reibung oder unelastischen Stoss, um 1 Wärmeeinheit zu d. h. um 1 Kilogramm Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $4^{\circ}$  C. zu erwärmen.

Engländer Joule, der sich um die Lehre von der Erhaltung der Kraft neben den beiden Begründern derselben in höchster Weise verdient gemacht hat, hat das mechanische Aequivalent der Wärme wirklich durch den Kraftaufwand bestimmt, der erforderlich ist, die Temperatur von Wasser oder Quecksilber durch Reibung mit einem Schaufelrad, auf welches ein fallendes Gewicht in Bewegung gesetzt wurde, um eine bestimmte Grösse zu erhöhen. Umgekehrt kommt man zu sehr wenig abweichenden Resultaten, wenn man die Temperatur bestimmt, welche durch Aufwendung einer gewissen Summe von Wärmeeinheiten erreicht wird. Man muss zu derartigen Bestimmungen Fälle auswählen, in welchen durch die Wärme nichts anderes als äussere Arbeit, z. B. Heben einer Last geleistet wird, was überhaupt dadurch möglich ist, dass man mit Hilfe eines vollkommenen Gases Wärme in Arbeit umsetzt, indem man sich das Gas durch Wärme ausdehnen lässt. Joule hat beobachtet, dass bei Ausdehnung eines Gases zur Entfernung der einzelnen Gasmoleküle oder Atome keine Kraft erforderlich ist, es gehört zum Begriff des Gases, dass sich die gleichartigen Atome nicht anziehen, wie es die Atome der festen und flüssigen Körper thun, sondern sich abstossen. Bei der Ausdehnung der Gase kostet sonach nur die Ueberwindung eines äusseren Widerstandes Arbeit. Man braucht also nur festzustellen, wie viel Wärmeeinheiten zur Ausdehnung eines Gases mehr zuzuführen haben, um es auf eine bestimmte Temperatur zu bringen, wenn es sich mit Ueberwindung eines äusseren Widerstandes, also mit Leistung äusserer Arbeit ausdehnt, als wir zur Hervorbringung derselben Temperatur des Gases brauchen, wenn es an der Ausdehnung gehindert ist und das gleiche Volum vor und nach der Erwärmung beibehält.

Körper, deren Atome sich nicht abstossen, wie die eines Gases, werden durch Wärme nicht ausgedehnt und leisten dabei durch die Ueberwindung von Widerständen eine bedeutendere äussere Arbeit. Um ihn ausdehnen zu können, müssen aber die Atome des festen Körpers, die sich mit einer bestimmten Kraft anziehen, aus einander gezogen werden, wie wir das Gewicht von der Erde erheben mussten, in beiden Fällen mit einem Aufwand von Kraft, die von aussen zugeführt werden muss. Es hat sonach bei festen und flüssigen Körpern die Wärme bei der Ausdehnung nicht nur äussere Kraft wie bei den Gasen, sondern auch innere Arbeit, die Ueberwindung der Anziehungskraft der Atome, zu leisten. Und Wärme = Kraft gebraucht, um die der Ausdehnung entgegenstrebenden äusseren Widerstände zu überwinden, es wird aber auch Wärme = Kraft verbraucht, um die inneren Widerstände, die der Ausdehnung entgegenstehen, die Attraktion der Atome zu überwinden. Die zweite Kraftsumme, welche diese innere Arbeit leistet, wird eine Zustandsänderung des Körpers hervorgerufen. Innere Arbeit und äussere Arbeit zusammen bilden die Leistung

der zugeführten Wärme, deren Summe also bedeutender sein muss, als wenn die Arbeit allein hätte geleistet werden müssen. Die Wärme, welche zur Zustandsänderung des Körpers, zur inneren Arbeit der Auseinandertreibung der Atome verwendet wurde, wird dem Körper angehäuft. Nähern sich die Atome einander wieder bis zur anfänglichen Lage, aus der sie durch Wärmezufuhr entfernt wurden, so wird die ganze Wärmesumme, die dazu erforderlich war, wieder frei. So sehen wir bei dem Uebergang der Gase in den flüssigen Zustand, bei dem Uebergang der flüssigen Körper in den festen Zustand, dass die Wärmesumme wieder frei werden, welche zur Entfernung der Atome verwendet wurde.

Die Gesetze der mechanischen Wärmetheorie finden natürlich in der Physiologie ihre Anwendung. Da es sich um Erklärung der Kräfteerzeugung im Organismus handelt, ihre Anwendung ist selbst klar, dass das für die Wärme Ausgesagte auch für alle anderen Kräfteformen gilt. Die mechanische, chemische Kraft, Licht, Geltung behauptet, die ja alle nichts Anderes als Energieformen sind, welche eine in die andere umgewandelt werden können. Man bedient sich zweckmässig bei derartigen Umrechnungen von einer Kraft auf die andere als Mass der selben Einheiten, die wir oben kennen gelernt haben, der Wärmeinheit und des Kalorimeters. Die elektromotorischen Kräfte z. B. entsprechen dem mechanischen Äquivalent der thermischen Wirkungen der chemischen Prozesse in den galvanischen Elementen.

Es ist von selbst klar, dass, wie schon angedeutet, das Gesetz von dem Gleichbleiben der Kraftsumme, der Summe von lebendigen Kräften und Spannkraften, nur für ein freies System seine Geltung haben kann, dem von aussen keine Kräfte zu- oder abgeführt werden können. Ein derartiges freies System von Kräften ist nur das Weltall, nur für dasselbe ist die Summe aller Kräfte constant. Da für das Weltall kein «Aussen» existiert, so können weder Kräfte neu gegeben noch entzogen werden. Wenn wir dagegen unser Fixsternsystem, das Planetensystem unserer Sonne oder das Trabantensystem unserer Erde und dergleichen betrachten, so sind sie keine «freien Systeme», in ihnen wird die Summe der Kräfte zu- und nehmen können. Indem z. B. die Sonne ihre Wärme ausstrahlt, verliert sie einen Theil der Erde zu gute kommt, die dadurch an Kraftquantum gewinnt.

Von CLAUSIUS ist zu dem ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ein praktisch nicht weniger wichtiger Hauptsatz aufgestellt worden. Er tritt bei den Diskussionen meist nur in der mathematischen Zeichensprache, als Formel auf. In Retrospekt müssen wir auf die Originaluntersuchungen von CLAUSIUS verweisen. Mit Worten (s. FICK) im Allgemeinen so ausgedrückt werden: Wenn bei einem Kreisprocesse ein Quantum Wärme in Arbeit verwandelt worden ist, so muss nothwendig gleiches Quantum eines gewissen anderen Quantum von Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übertragen worden sein. Oder umgekehrt: Wenn Wärme von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übertragen werden soll, so muss eine gewisse Arbeit verwandelt werden. Unter «Kreisprocess» versteht CLAUSIUS eine Kette von Vorgängen, in Folge deren ein Körper, durch dessen Vermittelung Wärme in Arbeit oder Arbeit in Wärme verwandelt wird, am Ende des Processes genau wieder in denselben Zustand zurückgebracht wird, in dem er sich bei Beginn des Processes befand (FICK).

Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass manche Körper sich der Wärme gegenüber anders verhalten als die Mehrzahl der übrigen, indem sie sich innerhalb gewisser Grenzen durch Zufuhr von Wärme nicht ausdehnen, sondern im Gegentheil verdrichten.

Das bekannteste Beispiel dafür ist das Wasser, das seine grösste Dichtigkeit bei 4°C. besitzt, sich also bei Temperaturen über 4°C. und unter 4°C. ausdehnt. Wenn wir Wärme zuführen, so kann sich dieses unter Umständen anstatt auszudehnen auch verdrichten. Das Wasser zieht sich zusammen, verkleinert sein Volum, verdichtet sich beim Abkühlen von höheren Temperaturgraden, bis es eine Temperatur von 4°C. erreicht. Ab diesem Punkt hört die Zusammenziehung auf. Dies ist der Punkt der grössten Dichtigkeit des Wassers; von 4°C. abwärts bis zum Gefrierpunkt dehnt sich das Wasser wieder aus und wenn es sich in Eis verwandelt, ist die Ausdehnung bedeutend, das Eis schwimmt



an dem Wasser. Wenn wir von  $0^{\circ}\text{C.}$  an Wärme dem Wasser zuführen, so zieht es sich die Wärmezufuhr zunächst, bis es  $4^{\circ}\text{C.}$  erreicht hat, zusammen, dann hört die Zusammenziehung auf und es tritt anhaltendes Ausdehnen ein. Auch geschmolzenes Wismuth dehnt sich bei dem Festwerden durch Erkalten aus.

In der mechanischen Wärmetheorie steht es in Einklang, dass, wenn ein Körper z. B. Metall zusammengepresst, verdichtet wird, dass sich dabei Wärme entwickelt; werden Atome mechanisch aus einander gezogen, durch Dehnung z. B. eines Metalldrabts, so Wärme verbraucht, der gedehnte Körper erkaltet. Diese Thatsache ist fast allgemein, wie die Untersuchungen von Joule u. A. ergaben. Doch gibt es auch davon Ausnahmen, die an das Verhalten des Wassers und des geschmolzenen Wismuth erinnern.

Kautschuk erwärmt sich, wenn er belastet ist, durch plötzliches Ausdehnen. Wilh. Clausius, der diese Beobachtung, die gegen das allgemeine Gesetz verstösst, machte, behauptete sogleich, dass diese Eigenthümlichkeit des Kautschuks mit der anderen verknüpft werde, dass er sich durch Erwärmung nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht, verneinung seine Annahme wird durch das Experiment bestätigt.

Stallwitsch hat gezeigt, dass sich wie Kautschuk auch die quergestreifte Muskelsubstanz innerhalb gewisser Grenzen ( $2-28^{\circ}\text{C.}$  beim Frosch) durch Wärmezufuhr ausdehnt, sondern contrahirt. Wir werden auf dieses Factum bei der Erklärung der Contraction zurückkommen.

In Beziehung auf das Maass der Wärme- und Arbeitseinheiten herrscht einige Willkür in der Bezeichnung. Kilogrammometer, Grammometer sehen wir abwechselnd als Arbeitsmaass gebraucht. Man muss sich dabei erinnern, dass die Zahl, welche die äquivalente Energiemenge misst, unabhängig ist von der Wahl der Gewichtseinheit, wenn man zur Messung der Menge des Körpers und zur Bestimmung der Wärmeeinheit dieselbe Gewichtseinheit benutzt. Bei der Benützung des Fusses anstatt des Meters als Höhenmaass z. B. im Land muss man sich für die Umrechnung auf Kilogrammometer erinnern, dass 1 Meter = 3.28147 preussische Fuss ist. Die Engländer gebrauchen als Temperatureinheit oft nicht Celsius, sondern  $1^{\circ}\text{Fahrenheit}$ ;  $5^{\circ}\text{C.}$  sind =  $9^{\circ}\text{Fahrenheit}$ . Fahrenheit nennt den Gefrierpunkt  $32^{\circ}\text{F.}$ , sein Siedepunkt ist also  $212^{\circ}\text{F.}$   $20^{\circ}\text{C.}$  sind gleich  $36^{\circ}\text{F.}$ , wenn wir aber wissen, dass welche Temperatur nach Fahrenheit =  $20^{\circ}\text{C.}$  ist, so müssen wir zu  $36^{\circ}\text{F.}$  noch die  $16^{\circ}\text{F.}$  unter  $0^{\circ}\text{C.}$  zurechnen;  $20^{\circ}\text{C.}$  sind also  $68^{\circ}\text{F.}$  Die normale menschliche Temperatur nach Fahrenheit's Thermometer  $100^{\circ}$ . Diese Andeutungen werden zur gelegentlichen Wärme genügen. Die Erwärmung von 1 Pfund Wasser um  $1^{\circ}\text{C.}$  ist = 1390 Fusspfund.

## Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Auf den ersten Blick — wenn man vergisst, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nur für ein freies System, nur für das gesammte Weltall Giltigkeitsbesitz — könnte es erscheinen, als führte dieses Princip zu der Idee eines Perpetuum mobile. Wenn die Kräfte nicht verschwinden, wenn nur eine Kraft in die andere übergeführt wird, so scheint daraus mit Nothwendigkeit die Möglichkeit hervorzugehen, dass ein einmaliger Anstoss, wenn nur eine richtige Uebertragung gefunden wäre, ununterbrochen fort Bewegung und Arbeit leisten können.

Es giebt ein sehr sinnreiches Experiment: die Welt im Glase, welche auf den ersten Blick das organische Leben in Pflanze und Thier als ein eigentliches Perpetuum mobile erscheinen lässt.

Das Experiment ist gegründet auf die Erfahrung über den Kreislauf des Lebens aus der anorganischen in die organische Natur und aus dieser wieder in die anorganische zurück. Die Pflanze nimmt die anorganischen Sauerstoffverbin-



dungen in sich auf und ertheilt ihnen durch ihren Lebensprocess die Spannkraft zurück, indem sie die Elemente von dem Sauerstoff trennt, welche dem freien Zustande angehören, sie ertheilt ihnen die Eigenschaft der Verbrennbarkeit. Das Thier nimmt die von der Pflanze mit Spannkraften versehenen Stoffe auf, verbindet sie wieder mit Sauerstoff und benützt die dadurch verworbenen Spannkraft zu seinen mechanischen Leistungen. Die der Pflanze zurückgegebenen Elemente können wieder Bestandtheile der Pflanze und mit Spannkraften versehen werden. So scheint der Kreislauf des organischen Stoffes die Lösung jenes Problems in Wahrheit zu enthalten.

Man brachte zum Beweise dieser Verhältnisse kleine Wasserthiere und Wasserpflanzen in ein luftdicht zum Theile mit Wasser, welches die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen und Thiere gelöst enthielt, gefülltes Glasgefäß. Das Leben geht hierbei seinen ungestörten Gang, die Thiere nähren sich von den Pflanzen, die aus den Ausscheidungsprodukten der Thiere ihre verloren gegangenen Organe wieder ersetzen.

Doch nur unter einer Bedingung geht dieses Spiel des Lebens ungestört. Die Welt im Glase gedeiht nur dann, wenn sie sich unter Verhältnissen befindet, welchen das Licht und die Wärme der Sonne auf sie einwirken. In der Dunkelheit im Finstern sterben sowohl Pflanzen als Thiere in dem verschlossenen Gefäß sehr rasch ab.

Es ist klar, dass danach die geheimnisvolle »Lebenskraft«, welche die Pflanzenzelle den Elementarstoffen die ihnen bei ihrer Oxydation verloren gegangenen Spannkraft wieder ertheilt, nicht etwas im letzten Grunde der Natur selbst Zugehöriges sein könne. Man dachte sich sonst das Leben selbst als Kraft, welche analog den Kräften der Mechanik in Arbeit, in lebendige Kraft umgesetzt werden könnte; einen Theil der Lebenskraft dachte man von der Pflanze als Kräfte in ihre verbrennlichen Produkte hineingelegt. Diese Anschauung wird durch das genannte Experiment widerlegt. An sich ist die Pflanze nicht im Stande, den Elementen Spannkraft zu ertheilen; sie vermag es nur unter der Mitwirkung ihr von aussen gelieferter Kräfte, des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme. Diese genannten Kräfte sind es, welche die Pflanze zur Desoxydation der Sauerstoffverbindungen benützt und dadurch gleichsam in sich aufspeichert. Die Pflanze ist im Stande, die Sonnenstrahlen gleichsam in feste Form überzuführen, indem sie dieselbe in Spannkraft des Kohlenstoffs und Wasserstoffs verwandelt. Es sind fixirte Sonnenstrahlen, mit denen wir im Winter unsere Oefen und Herde erwärmen, mit denen wir durch unsere Dampfmaschinen Lasten bewegen und den Menschen der menschliche und thierische Organismus die aktiven Bewegungen vorbringt, durch welche sich das Thier von der Pflanze unterscheidet.

Es ist schon erwähnt, dass im Dunkeln auch die chlorophyllhaltigen Pflanzen keine Kohlensäure zu zerlegen im Stande sind, sie athmen dann eben so wie das Thier Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Sie unterliegen dann wie alle organischen, kohlenhaltigen Stoffe den langsamen Verbrennungs-Einflüssen der Luft, es bildet sich aus der Kohle der Pflanze Kohlensäure. Die Beobachtung, dass auch unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nur die grünen Pflanzentheile Sauerstoffverbindungen zerlegen und Sauerstoff ausathmen, während sie die wie die übrigen nicht grünen Theile stets Kohlensäure aushauchen vermögen (Cap. II. geschilderten Pflanzenstoffwechsels, macht verständlich, warum die

sonders die Blüten, ähnlich wie die Thiere eine etwas höhere Temperatur als die umgebende Atmosphäre; es beruht diese auf gleichzeitig neben oxydationen in ihnen vor sich gehenden Oxydationen, die einen Theil der äusseren Spannkräfte in der Pflanze selbst wieder in lebendige Kräfte über-

Auf demselben Grunde beruhen die Bewegungs- und Elektrizitäts-Entstehungen in den Pflanzen, die freilich wie die Wärmeproduktion weit hinter den äusseren Erscheinungen im Thierreiche zurückstehen.

Die pyrheliometrischen Messungen von POUILLET und Anderen geben Anhaltspunkte zur Orientirung über die Grösse der Kraftmenge, welche fortwährend der Erde zufließt und von den Pflanzen theilweise in Spannkräfte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der sauerstoffarmen Pflanzenbestandtheile verwandelt wird.

Bei direkten Messungen werden bei einer Fläche, welche von der Sonne direct beschienen wird, jedem Quadratfuss in jeder Minute 3,4 Wärmeeinheiten mitgetheilt. Die Wärme, welche täglich von der Sonne zur Erde gelangt, hat den Heizeffekt von 5 Billionen Centner Steinkohlen. Rechnet man für eine Pflanze in der Stunde 7 Pfund Steinkohlen und berücksichtigt man, dass Dampfmaschinen nur  $\frac{1}{22}$  des absoluten mechanischen Effectes der Wärme zu leisten vermögen, so ergibt sich der Gesamteffect der Sonnenwärme der Erde in der Stunde 110 Billionen Pferdekräften. Nach TYNDALL würde die ganze Quantität der Sonnenwärme, die in einem Jahre die Erde empfängt, gleichmässig über die Erdoberfläche vertheilt, genügen, um eine Schicht Eis von 400 Fuss Dicke, welche die ganze Erde umhüllt, zu schmelzen. Sie würde einen Ocean, der die Erde in einer Tiefe von 1000 geographischen Meilen bedeckt, von 0° bis auf den Siedepunkt erwärmen. Ist die auf die Erde gelangende Wärmemenge nur  $\frac{1}{200,000,000}$  der ganzen von der Sonne ausgehenden Ausstrahlung (TYNDALL).

Obwohl diese Zahlen geben wenigstens einen annähernden Begriff, welches enorme Quantum täglich von der Sonne als Wärme ausgeht. Man begreift wie schon die Speicherung eines Theiles dieser Kraftmasse in den Pflanzen hinreicht, um die ganze Summe mechanischer Effecte mit ihrer Hülfe hervorzubringen, welche die Natur und unsere Mechanik von jenen fordert. Fast alle anderen Bewegungen und Kräfte auf der Erde stammen ebenfalls von den Sonnenstrahlen ab. Die Sonnenwärme bedingt z. B. die Bewegung der Winde, das Erheben des verdunstenden Wassers und damit die Bedingung seiner beim Herabfliessen freierwerdenden Spannkräfte.

Über die Kraftsumme, welche in Form von Licht von der Sonne zur Erde gelangt, sind derartige Berechnungen noch kaum gestattet, doch muss auch sie enorme sein.

Es wird uns aus den bisherigen Betrachtungen klar, was die als Nahrung für den thierischen Organismus aufgenommenen Stoffe für eine Grundlage zur Fortbildung haben.

Auf der einen Seite werden die aufgenommenen Stoffe zur Formbildung der Zelle verwendet, andererseits werden die mit ihnen eingeführten Spannkräfte in mechanische Leistungen umgesetzt.

Abgesehen von dem Antheil an der Struktur der Zelle, den wir die Nährstoffe abgeben, wird ihr Werth für den Organismus noch weiter abhängen von der Summe der Spannkräfte, welche mit ihnen eingeführt wird. Es wird von diesem Gesichtspunkte aus verständlich, warum die Einführung sauerstoffreicher



chemischer Verbindungen organischer Natur meist weniger Werth für die Leistung besitzt, als die solcher, in denen verhältnissmässig weniger Sauerstoff enthalten ist. Die einen haben durch ihre Vereinigung mit Sauerstoff schon den grössten Theil ihrer verwendbaren Spannkraft verloren, die anderen sind noch im Verhältnisse derselben; die Leistungen für die Ernährung, welche von dem einen oder dem andern Stoffe im Organismus hervorgebracht werden können, stehen im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem procentischen Gehalt an Sauerstoff. Danach einleuchtend, warum die Kohlehydrate, welche auf ein Doppelatom Sauerstoff ein Atom Sauerstoff enthalten, bei denen also nur noch der Kohlenstoff mit Sauerstoff zu verbinden bleibt, weniger Werth für den Organismus besitzen, als die Fette, bei denen nicht nur der Kohlenstoff sondern auch noch ein Theil des Wasserstoffes seine Spannkraft besitzt und diese durch Verbrennung mit Sauerstoff frei werden lassen kann. Noch weniger Werth für die organischen Kraftleistungen wird gewöhnlich den organischen Säuren zugeschrieben, bei denen nur ein Bruchtheil des Kohlenstoffes zu oxydiren bleibt. Doch darf nicht vergessen werden, dass eine grössere oder geringere Summe von Spannkraftstoffen noch nicht zu einem besseren oder schlechteren Nahrungsmittel macht. Die Kohle, die einen so grossen Spannkraftwerth besitzt, können wir nicht so leicht zu schwerverdaulichen Speisen verbrauchen zu ihrer Assimilation viel Kraft, ihre Wirkung abgeben muss; Stoffe, die in besonders wichtige Organgruppen, das Nervensystem eingehen und dessen Thätigkeit beeinflussen, beanspruchen besonders hohen Werth als Nahrungsstoffe.

Die Summe der Spannkraftstoffe ist ausserst verschieden in den verschiedenen als Nahrungsstoffe eingeführten chemischen Verbindungen. Um uns ein Bild der Leistungen jedes einzelnen im thierischen Haushalte machen zu können, müssten wir vorerst die Summe der ihnen inhärenten Spannkraftstoffe kennen; wir müssten die Wärmemenge kennen, welche bei der Sauerstoffaufnahme einer bestimmten Quantität dieser Stoffe im animalen Organismus verwertbar wird.

Für eine Anzahl einfacher und zusammengesetzter Stoffe ist die Wärmemenge bei ihrer vollkommenen Verbrennung bestimmt. Die freiwerdenden Spannkraftstoffe, um die es sich bei der Verbrennung, bei der Vereinigung der Elementarstoffe handelt, sind von überraschender Quantität.

Nach den Versuchen von FAVRE und SILBERMANN liefert bei der Verbrennung 1 Gewichtseinheit Kohlenstoff: 8086 Wärmeeinheiten, 1 Gewichtseinheit Wasserstoff: 34462 Wärmeeinheiten.

Diese Zahlen zeigen, was für eine enorme Kraftquantität bei der Verbrennung eines Atoms, bei der Verbrennung frei wird, umgekehrt lehren sie uns, was für eine Kraft aufgewendet werden muss, um die chemisch verbundenen Atome zu trennen, wie es chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen unter der Einwirkung des Lichtes thun.

Bei der Verbindung eines Atoms mit einem andern z. B. eines Doppelatoms Kohlenstoff mit einem Atom Sauerstoff wird stets die gleiche Quantität von Spannkraftstoffen gemacht und frei, vorausgesetzt, dass bei der chemischen Verbindung nicht andere Wirkungen ausgeübt werden, die in ihrer Intensität schwanken können. Das ist bei der Verbrennung z. B. des Wasserstoffes mit Sauerstoff wird in Bezug auf die Wärmemenge ein verschiedenes sein, wenn einmal das Wasser, wie das bei der Verbrennung in der Flamme geschieht, im gasförmigen Zustande entweicht, ein andermal als flüssig



ist, gebunden zurückbleibt. Bei dem Uebergang des Wassergases in tropfbar flüssiges Wasser, bei dem Uebergang des Wassers in den festen Zustand (Eis) wird eine sehr bedeutende Spannkräfte noch frei, die im ersteren Fall für den Heizeffekt verloren gehen. Jedoch ist, dass feuchtes Holz eine geringere Verbrennungswärme entwickelt als trockenes; ein kleiner Theil der aus dem chemischen Process freiwerdenden Wärme wird für die Verdunstung des Wassers verbraucht; auch das bei der Verbrennung des Holzes erst entstehende Wassergas für seine Verdunstung entsprechend Wärme in Beschlag nehmen, die der Gesamtheit der Verbrennungswärme entgeht. Die Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff nach einer verschiedenen äusseren Kraftentwicklung, je nachdem das gebildete Wassergas gasförmig entweicht oder flüssig oder fest zurückbleiben kann. Ganz allgemein ist bei der Verbrennung freiwerdende Wärme als eine algebraische Summe von positiven und negativen, von denen die eine positiv, die andere negativ ist. Die für die Erzeugung von Wärme positive Grösse bezeichnen wir als »Verbrennungsarbeit«, zur Ueberwindung der Widerstände verbraucht die Verbrennung einen Theil der verwendbaren Spannkräfte, die als »freie Wärme« auftreten können, an der Verbrennungswärme sonach abgezogen sind. Um z. B. feste Kohle mit Sauerstoff zu der gasförmigen Kohlensäure zu verbrennen, muss die Kohle selbst aus dem festen in den gasförmigen Zustand — im Kohlenwasserstoff die Kohle im Gaszustand — übergeführt werden; zu dieser Zustandsänderung wird ein Theil der bei der Verbindung der Atome frei werdenden Spannkräfte verwendet, die als lebendige Kraft, als Wärme erscheinen können. Betrachten wir nicht ein Kohlenatom in seiner Verbindung mit Sauerstoff, sondern eine Summe von solchen zu einem Kohlen Ganzem vereinigt, so wird die Trennung der Kohlenstoffatome von einander, die Verbindung vorausgehen muss, einen bestimmten Kraftaufwand, der von der Verbrennungswärme abgeht, erfordern; je inniger diese Verbindung der Kohlenatome ist, desto mehr ist die zu ihrer Trennung erforderliche Kraftquantität. So macht der einfache Vergleich in der Dichte den Diamant (krystallisirter Kohlenstoff) schwerer verbrennlich als Kohle, was bedingt einen Unterschied in ihrer Verbrennungswärme; Favre und Silbermann haben die Verbrennungswärme des Diamants um 235 Wärmeeinheiten kleiner als die der Kohle, dem Leuchtgas, in welchem der Kohlenstoff schon gasförmig ist, fällt die Arbeit der Trennung desselben weg, dagegen kommt eine neue, seine Trennung von dem Wasserstoff hinzu.

Man hat früher nach dem sogenannten Dulong'schen Gesetz die bei der Verbrennung frei werdende Wärme berechnen zu können aus der chemischen Zusammensetzung und der Verbrennungswärme ihrer Elemente; da aber die Verbindung und Trennung der Atome auch bei gleicher quantitativer Zusammensetzung äusserst verschieden ist, und dadurch die »Verbrennungsarbeit« grösser oder kleiner ausfällt, so gibt die Berechnung keine exakt brauchbaren Resultate, die direkt bestimmten Werthe sehr häufig beträchtlich verschieden von den berechneten.

Man voraussetzen pflegt, dass die bei direkter Verbrennung organischer Stoffe frei werdende Wärmemenge gleich sei der bei der »organischen Oxydation«, bei der Sauerstoff und Zersetzung derselben Stoffe im animalen Organismus frei werdenden Wärme, die zu den Leistungen des Thierkörpers verwendbar werden, so hat man den Vergleich der Verbrennungswärme verschiedener organischer und Nährstoffe auch von anderer Seite einen grossen Werth beigelegt, wir führen daher einige der experimentellen Untersuchungsergebnisse an. Nach Favre und Silbermann liefert eine Gewichtseinheit ihrer Verbrennung:

(Aethyl-)Alkohol . . . .	7183	Wärmeeinheiten,
Ameisensäure . . . . .	2091	„
Essigsäure . . . . .	3505,2	„
Buttersäure . . . . .	5647	„
Valeriansäure . . . . .	6439	„
Ethylsäure . . . . .	9316	„

Stearinsäure . . . . .	9746,5 Wärmeinheiten.
Wachs . . . . .	40490 „
Terpentinöl . . . . .	40852 „
Citronöl . . . . .	40959 „

VON FRANKLAND sind die Verbrennungswärmen bestimmt worden für Stoffe, die in den animalen Organismus eingeführt werden, deren Spannkraft die Zwecke der Physiologie von allerhervorragendster Bedeutung ist, er fand:

Eine Gewichtseinheit	liefert bei der Verpuffung: chlorsauerem Kali und Manganoxyd
Traubenzucker . . . . .	3277 Wärmeinheiten
Rohrzucker . . . . .	3348 „
reines Eiweiss . . . . .	4998 „
reine Ochsenmuskelfaser . . . . .	5103 „
Ochsenfett . . . . .	9069 „
Harnstoff . . . . .	2206 „
Harnsäure . . . . .	2615 „
Hippursäure . . . . .	5383 „

Ist es, wie angenommen wird, gestattet, diese Werthe der Wärmeentwicklung den gleichzusetzten, welche durch die Stoffwechselvorgänge im Organismus entstehen, so liefern uns die vorstehenden Bestimmungen ein Mittel zur Beurtheilung der Wärmeökonomie oder im Allgemeinen für die Kraftökonomie der Thiere bestimmter Grösse des Stoffumsatzes. Der Einblick, der sich uns eröffnet, wird dadurch getrübt, dass Thatsachen dafür zu sprechen scheinen, dass in den geläufigen Anschauungen die Verbrennungswärme uns kein sicheres Bild von der Summe der Spannkraft, die bei derselben Verbindung durch organische Vorgänge entstehen wird. So liefert die Verbrennung des aus einer bestimmten Zuckermenge entstandenen Alkohols ziemlich viel mehr Wärme als die Verbrennung des Zuckers, obwohl in der Gährung ebenfalls schon Wärme frei wird. Liegt dieses Plausibel innerhalb der Fehlergrenzen solcher Versuche, so können auch diese Zahlen zunächst nur der Vergleichung dienen.

Wir erkennen aus ihnen, dass im Allgemeinen mit dem abnehmenden Sauerstoffgehalt der organischen Verbindungen die bei ihrer Verbrennung entstehende Wärme zunimmt; die Fette zeigen eine höhere Wärmeentwicklung als die Kohlehydrate, wie wir schon oben supponirten. Wo es sich nicht um Gewebsbildung und Kräfteerzeugung (z.B. Wärmebildung) im Organismus handelt, wird ein weit geringeres Fett die gleiche Wirkung wie ein grösseres von Zucker oder fettfreiem Eiweiss liefern.

Folgende Betrachtung gibt uns einen Begriff von der Wirkung der Molekularkräfte.

Bei der Vereinigung von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbinden sich eine Gewichtseinheit Wasserstoff mit 8 Gewichtseinheiten Sauerstoff zu 9 Gewichtseinheiten Wasser. Die Erwärmung von 4 Pfund Wasser um 40°C. repräsentirt eine Arbeit von 4 Fusspfund. Die Verbrennung von 4 Gewichtseinheit Wasserstoff zu 9 Gewichtseinheiten Wasser liefert nach den oben angeführten Beobachtungen von FAHRENBACH und SILVERMAN in runder Zahl 34000 Wärmeinheiten, d. h. eine Wärmemenge, welche 34000 Pfund Wasser um 40°C. zu erwärmen. Da mit der Wärme, welche verbraucht wird, um 4 Pfund Wasser um 40°C. zu erwärmen, 4390 Pfund auf 4 Fuss Höhe gehoben werden können, so ist die Arbeit, welche durch die Verbrennung von 4 Pfund Wasserstoff geleistet wird, gleich  $34000 \times 4390$  Fusspfund, die Wärme, welche dabei frei wird, ist im Stande 47 Millionen Pfund auf 4 Fuss Höhe zu heben. Es ist das eine ganz ungemein grosse Kraft, mit welcher sich chemisch anziehende Atome aneinander stürzen, eine Kraft, gegen welche die Schwerkraft, wie sie sich gewöhnlich auf der Oberfläche der Erde äussert, in ihren Wirkungen fast verschwindet. Ueberhaupt sind die Molekularkräfte von überraschend mächtiger Wirkung. Auch bei der Verdichtung

igen Stoffe zu Flüssigkeiten, dieser zu festen Stoffen werden sehr grosse Wärme = zugen frei. Wenn sich die Atome der 9 Pfund Wasserdampf unseres Beispiels bei sinken der Temperatur unter  $400^{\circ}\text{C}$ . zur Bildung einer tropfbaren Flüssigkeit verbinden, so erzeugen sie eine Wärmemenge, welche hinreicht, um die Temperatur von  $20^{\circ} = 4835$  Pfund Wasser um  $40^{\circ}\text{C}$ . zu erhöhen. Multipliciren wir wie oben mit der mechanischen Aequivalentes für Fusspfund = 4390, so erhalten wir als Arbeit der blossen Verdichtung in runder Zahl 6,720,000 Fusspfund, mit anderen Worten, dass durch die bei der Verdichtung von 9 Pfund Wasserdampf frei werdende Kraft 6,720,000 Pfund auf 1 Fuss Höhe gehoben werden. Durch die weitere Verdichtung flüssigen zum gefrorenen, festen Zustand werden von den 9 Pfunden Wasser noch 1 Fusspfund geliefert.

Verbrennung von 1 Pfund Kohle in der Zeiteinheit = Minute ist gleich der Arbeit von 6,720,000 Fusspfund in derselben Zeit.

Molekularkräfte, um deren Verwendung im animalen Organismus es sich handelt, sind in ihrer Quantität sehr bedeutend. Wir sehen schon allein durch nähere Aneinanderlagerung von gleichartigen Atomen sehr grosse Kraftsummen entwickelt, bei der Umlagerung sich sich anziehender Atome muss, wenn dieser Vorgang mit einer Näherung der Atome verbunden ist, eine unter Umständen noch bedeutendere Kraftmenge frei werden. So sehen wir bei der Umlagerung der Atome des Cyans zu dem atomistisch gleich zusammengesetzten Cyanid eine so bedeutende Wärmeentwicklung eintreten, dass, wenn man zu dem Verbleiben Cyanid Silber benutzt, das sich bildende Paracyanid Silber in sichtbares Glühen geräth. Bei gleicher atomistischer Zusammensetzung ist die von Paracyan bei der Verbrennung entwickelte Wärmemenge dem entsprechend geringer als die des Cyans. Das Paracyanid durch Neuzufuhr von Wärme wieder in Cyan übergeführt werden, es verwandelt sich Cyanid beim starken Glühen in einen Strom von trockenem Stickgas oder Kohlenoxyd vollständig wieder in Cyan.

Berechnungen der Art liessen die Delong'sche Berechnung der Verbrennungswärme organischer Substanzen aus der Verbrennungswärme ihrer elementaren Bestandtheile als unzulässig erscheinen, das Experiment widerlegte die Berechnungsergebnisse. Nach dem Delong'schen Gesetz müssen alle atomistisch gleich zusammengesetzten Stoffe auch die gleiche Verbrennungswärme haben, was das Experiment nach dem Ebengesagten nicht bestätigt. Wenn man die Verbrennungswärme nach dem Delong'schen Gesetz zu berechnen hatte, von einem Stoff, der Sauerstoff in seiner Verbindung hat, so dachte man sich diesen in der Verbindung mit dem Sauerstoff schon verbunden mit der äquivalenten Menge desjenigen Bestandtheils, zu dem Sauerstoff die grösste Verwandtschaft hat. Diese Quantität des betreffenden Bestandtheils man ganz aus der Rechnung weg, man berechnete nur, wie viel Wärme bei der Verbrennung des Restes der Bestandtheile gebildet wird. Diese Wärmemenge sollte die wirkliche Verbrennungswärme der betreffenden Verbindung sein. Bei den Kohlehydraten (S. 55), nämlich ihren Namen daher haben, dass sie Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniss enthalten, in welchem diese Stoffe sich zu Wasser verbinden, wurde der Wasserstoff nach der berechnungsweisen als an der Produktion der Verbrennungswärme sich nicht betheiligend weggelassen, die Wärmeproduktion nur aus dem Kohlenstoff berechnet. Viele organische saure Säuren enthalten mehr Sauerstoff als zur Bildung von Wasser mit dem in der Verbindung vorhandenen Wasserstoff nöthig ist; der Rest des Sauerstoffs, der bei der berechneten Wasserbildung übrig bleibt, musste nach dem Delong'schen Gesetz noch mit der äquivalenten Menge Kohlenstoff zu Kohlensäure verbunden gedacht und an der Bildung nicht betheiligt, abgerechnet werden. Noch complicirter sind die Berechnungen, wenn noch mehr Elemente als Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in der Verbindung, deren Verbrennungswärme berechnet werden soll, enthalten sind. Nach den Bestimmungen von FAYRE und SILBERMANN entwickelt 1 Gewichtseinheit Wasserstoff wenn sie sich mit Stickstoff zu Ammoniak verbindet, 7576 Wärmeeinheiten.

Wenn es sich übrigens bei den Betrachtungen nur um allgemeine Ueberschläge handelt,



bei denen es auf einen Fehler von mehreren Procenten nicht ankommt, so können direkten Bestimmungen vorliegen, die nach dem Dulong'schen Gesetz berechnet wohl noch immer in Anwendung gezogen werden. Die Vergleichung der Verbrennungswärme des Zuckers und Alkohols zeigt nämlich, dass sich auch beträchtliche Fehler in direkten Bestimmungen einschleichen können. Und noch einmal wollen wir hier auf LIEBIG's erinnern, dass die Wärme, welche die Stoffe bei ihrer gewöhnlichen Verbrennung liefern, auch nur annähernd der Kraftsumme gleichgesetzt werden können, welche diese liefern bei der »organischen Oxydation«, bei ihrer im animalen Organismus zur Rückführung zu den einfachen Stoffen, aus denen sie in der Pflanze gebildet werden. Die »Verbrennungsarbeit«, die Widerstände, welche bei der Verbrennung zu überwinden sind, Kraft in Anspruch nehmen, scheinen LIEBIG beträchtlich grösser zu sein als die, welche bei der »organischen Oxydation« entgegenstellen. Die beiden Oxydationsvorgänge sind nach LIEBIG in ihrem innersten Wesen verschieden. Nie wird im lebenden Körper ein Verbrennungsprodukt erzeugt durch Verbindung des Sauerstoffs mit Kohlenstoff, sie ist hier im gewöhnlichen Verbrennungsprodukt. Die organischen Verbindungen in den Pflanzen entstehen in dem zweiten Kapitel auseinandergesetzt wurde, alle aus Kohlensäure, und wir können uns denken als mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome; sie verwandeln sich, wenn sich der Sauerstoff wieder in seine alte Stelle einschleibt, im thierischen Körper wieder in Kohlensäure, in das was sie waren, was LIEBIG eine geringere Verbrennungsarbeit erfordert, scheint als das Auseinanderreißen der Bestandtheile zur direkten Verbrennung.

#### Die Leistungen des thierischen Organismus beruhen auf dem Stoffwechsel.

Wir haben für alle mechanischen Leistungen des thierischen Organismus ausreichende Kräftequelle aufgefunden; wo wir mechanischen Leistungen bei Thieren begegnen, werden wir zuerst zu fragen haben, ob sie nicht dieser Kräftequelle der Stoffzersetzung unter Mitwirkung des Sauerstoffs, der »organischen Oxydation« entstammen.

Die Art und Weise, in welcher die frei gewordenen Spannkraften aus der Verbrennung der Kohle stammenden Spannkraften in unseren zu den verschiedenen Zwecken construirten Maschinen je nach den Bedingungen, unter denen die Verbrennung erfolgt, verschiedene Leistungen hervorbringen, verschiedene Kräfteformen annehmen, gerade so sind analoge Verhältnisse in dem Organismus für die Art der Verwendung der Spannkraften bedingend. In unseren Oefen aus der Verbrennung der Kohle vor allem Wärme; durch ein Thermometer können die Spannkraften der verbrennenden Kohle in Elektrizität und Magnetismus übergeführt werden; in den Dampfmaschinen leisten sie Arbeit, heben Lasten. Ganz analog verhält es sich im thierischen Körper. In der grossen Zahl der Zellen und Zellenderivate wird aus den chemischen Spannkraften gewöhnlichen Verhältnissen vor allem Wärme gebildet, welche zu den verschiedenen organischen Vorgängen ein absolutes Erforderniss ist. In den Nerven, in den Nervenfasern geht ein bestimmter Theil der Spannkraften in Elektrizität über; in den Muskelzellen und Muskelcylindern wird neben den eben genannten Kräfteformen auch noch mechanische Arbeit geleistet, so dass wir dort die complicirteste Art der Kräfteverwendung antreffen. Es darf nicht vergessen werden, dass die chemischen Verbindungen stets mit elektrischen Wirkungen verbunden sind, so dass auch in den Zellen, welche nicht

erven gehören, elektrische Vorgänge sich finden. Ebenso findet sich nach ersten Beobachtungen kaum eine wahre Zelle, der, wenigstens im Jugendstadium, alle Kontraktilität, die früher nur den Muskelzellen und Fasern zugeordnet wurde, abgeht.

Die Form, die Struktur der Organe hat demnach zunächst keinen Einfluss auf die Erzeugung der Kräfte überhaupt; die Verwendbarmachung von Spannkräften ist eine Eigenschaft aller thierischen Zellen, somit also auch aller aus sich aufbauender Organe; die Organe haben für die Kräfteerzeugung des thierischen Organismus aber insofern Bedeutung, als sie die freiwerdenden Spannkräfte in bestimmten, nach der Struktur der Organe verschiedenen Richtung verwenden machen.

Bei den Maschinen unserer Mechanik ist die Verwendung der Spannkräfte, wie sie bestimmt sind, stets nur eine sehr unvollkommene. Bei den Dampfmaschinen wird, wie man angegeben findet, höchstens nur  $\frac{1}{22}$  der abgegebene Kraft der Kohle als Arbeit der Maschine gewonnen, die übrige Kräftesumme geht als Wärme, Elektrizität, innere Reibung für die äussere Arbeit verloren.

Dem thierischen und menschlichen Organismus, die ja auch Kraftmaschinen der Mechanik genannt werden müssen, werden dagegen die Spannkräfte vollkommen ausgenützt. Die neben der äusseren Arbeit entstehenden Kräfte der Elektrizität, Wärme, innere Arbeit, haben für den thierischen Haushalt nicht geringere Bedeutung als die äussere Arbeitsproduktion. Ohne Wärme ist die Mehrzahl der Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen den Körper umlaufenden und von aussen in ihn eintretenden chemischen Stoffe nicht sich aufrechterhalten können; unter ihrer Einwirkung nur gehen die Sauerstoffverbindungen auf, denen im letzten Grund alle animalen Thätigkeiten beruhen, vor sich. Bedingt und bedingend ist das Auftreten elektrischer Vorgänge, elektrischer Strömungen im Thiere. Wie die chemischen Vorgänge mit elektrischen Vorgängen verknüpft sind, so können auf der anderen Seite gewisse Zersetzungen, z. B. die das Zellenleben charakterisirende Spaltung der Eiweissstoffe, nur unter der Einwirkung jener starken elektrischen Ströme, die sich in den Zellen, den Muskeln und Nerven finden, vor sich gehen. Wir sehen die Grösse des Sauerstoffverbrauchs in jenen Organen im Verhältniss stehen zu der Stärke des in ihnen fliessenden elektrischen Stromes.

Die thierische Kraftmaschine ist also eine vollkommenere als die von der Natur gelieferten krafterzeugenden Maschinen, doch beruhen im letzten Grunde die thierischen Kraftleistungen auf den gleichen Bedingungen, auf dem frei und nutzbar werden von Spannkräften, auf die auch die Leistungen der Maschinen ausgeführt werden können. Bei den calorischen Maschinen besteht der kraftverwendende Vorgang ebenso in Sauerstoffaufnahme chemischer Stoffe wie bei den elektrischen Organismen.

Über haben wir nur die bei der Verbindung von Stoffen frei werdende Wärme als Kraft betrachtet; es kommen auch Verbindungen vor, bei deren Entstehung Wärme verdrängt, die dagegen bei ihrer Zersetzung Wärme liefern.

Wärmegewinnende Stoffe scheinen in der organischen Natur nicht selten zu sein. Wir sehen, dass bei der Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol Wärme frei wird, die Gährungs- und ähnliche Verhalten wird für eine Reihe von Stoffen angenommen werden müssen, Theil ist der Beweis schon geliefert. Eine der Hauptursachen für dieses merkwürdige



Verhalten, das zunächst ganz unerklärlich erscheint, ist die Zusammenfassung auch sogenannte freie Moleküle, z. B. Sauerstoff, nach den Entdeckungen von FAIRBANKS (FAIRBANKS). An einem Beispiel wird der Vorgang am einfachsten klar: bei der Zersetzung des Stickoxyduls ( $\text{NO}$ ) in Stickstoff und Sauerstoff wird Wärme frei. Stickstoff und Sauerstoff ziehen sich gegenseitig an, durch ihre Verbindung muss eine Summe lebendiger Kraft gebildet werden; da diese nicht zum Vorschein kommt, so nehmen wir an, dass für sie eine während der Verbindung eintretende innere Kraft verbraucht werde. SCHÖNBEIN lehrt, dass jedes Molekül freier Sauerstoff aus zwei Sauerstoffatomen zusammengesetzt ist, die beide Sauerstoff sind, aber einen elektrischen Gegenstand bilden. Ozon  $\Theta$  und Antiozon  $\ominus$ , freier Sauerstoff ist eine Verbindung von  $\Theta + \ominus$ . Das Ozon für eine Verbindung von 3 Atomen Sauerstoff. Diese Sauerstoffatome können mit Aufwand einer gewissen Kraftsumme getrennt werden, wenn eins derselben mit dem Stickstoffatom verbinden soll. Zu dieser Trennung der Sauerstoffatome wird eine Kraft verbraucht. Verbindung des Stickstoffatoms mit dem einen getrennten Sauerstoffatom entsteht eine neue Kraft. Es ist das ein Beispiel dafür, dass bei den Verbindungen überhaupt, wie wir schon oben sahen, meist mehrere Prozesse neben einander ablaufen, von denen die einen Kräfte verbrauchen, die anderen Kräfte liefern, die abgebrauchten Kräfte kommen zur Wahrnehmung als Verbindungs- = Verbrennungswärme, die also betrachtet entweder negativ oder positiv sein kann. Die bei der Bildung des Stickoxyduls verbrauchte Wärme wird bei der Trennung desselben wieder frei, die abgespaltenen Sauerstoffatome wieder paarweise zu neutralem Sauerstoff verbunden. Experimentell nicht festgestellt, ob dieser Erklärungsgrund ausreicht für alle die von denen die explosiven chemischen Verbindungen die geläufigsten Beispiele sind. Auf manchen Seiten wird der Spaltung des Eiweisses hypothetisch eine derartige Kraftentfaltung zugeschrieben, die bei der Muskelthätigkeit zur Wirkung kommt. Analog wie Sauerstoff verhalten sich auch noch andere Elementarstoffe, z. B. Kohlenstoff, die sich chemisch unter einander verbinden, ihre Trennung verbraucht die Kraft.

Die Kräfte, über die der animale Organismus verfügt, stammen, wenn wir es ausdrücken wollen, nach dem Vorstehenden: aus der chemischen Stoffzersehung, vor allem der organischen Oxydation, Vorgänge, die wir als Stoffwechsel im vorigen Kapitel zusammenfassten.

Durch eine Reihe von mechanischen Vorgängen im Organismus, wie die Reibung des Blutes in den Venen und Arterien wird Wärme geliefert, die Kraft frei, die der Organismus auch zu seinen Zwecken verwenden kann. Man wiederholt gemeint, dass, da dieser Satz unbestreitbar ist, ein Theil der von dem Organismus erzeugten lebendigen Kraft (Wärme) nicht den chemischen Processen des Stoffwechsels entstamme, dass sich die aus den mechanischen Vorgängen hervorgehende Wärme der durch chemische Ursachen erzeugten hinzuaddire. Diese Meinung ist irrig, vergessen darf, dass die Kraft, mit der sich das Blut bewegt, und die Reibung in Wärme umgesetzt wird, von der Muskulatur des Herzens und der chemischen Umsatzvorgängen geliefert wird. Analog ist es mit der Wärme, die aus den Athembewegungen etc. entsteht; alle diese mechanisch erzeugten lebendigen Kräfte entstammen in ihrem letzten Grunde doch dem Stoffwechsel, sodass wir diesen als Ursache der Kräfteerzeugung betrachten müssen. Die Wärmemengen, die aus den mechanischen Ursachen im menschlichen Körper entstehen, sind sehr klein. Der Aortenkreislauf leistet nach FAIRBANKS in 24 Stunden eine Arbeit von etwa 40000 Kilogramm, was fast 100 Wärmeeinheiten gleich ist. Nach VOLKMESS'S Angaben noch  $\frac{1}{2}$ mal so viel. Die Reibung wird diese gesammte Kraftsumme in Wärme verwandelt; der menschliche Körper liefert sonach allein durch die Reibung in seinen Blutgefäßen wenigstens eine Wärme, um 100 Kilogramm = 200 Pfund Wasser um  $40^\circ\text{C}$ . zu erwärmen. Nach der SCHÖNBEIN'Schen Angabe beträgt die Arbeit eines Athemzugs 0,63 Meterkilogramme, rechnet man 1000 Athemzüge, so beträgt die fast ganz in Wärme sich umwandelnde



In einer Stunde 567 Meterkilogramme, in 24 Stunden 13608 Meterkilogramme, in Summe 32 Wärmeeinheiten. Legen wir die FRANKLAND'schen Verbrennungswärmeerzeugungen einer Berechnung der Wärmemenge zu Grunde, welche ein Erwachsener in 24 Stunden producirt, so finden wir dafür im Durchschnitt etwa 2300 Wärmeeinheiten (thermische Wärme). Rechnen wir zur Wärmeerzeugung durch Blutcirculation und Athmung die Wärmemenge zu, welche durch die übrigen Bewegungen im Organismus wird: Lymphbewegung, Bewegung der Eingeweide etc., so finden wir, dass die auf obige Weise mechanisch erzeugte Wärme etwa  $\frac{1}{10}$  der Gesamtwärmeproduktion ausmacht.

Eine Reihe anderer Prozesse theilhaftig sich in dem secundären Sinn wie die Reiz- und die Produktion der im thierischen Organismus auftretenden lebendigen Kräfte. Das wird bei der Besprechung der Quellen der Muskelkraft beigebracht werden. Hier daran erinnert werden, dass durch »Umlagerung der Atome« in einer chemischen Verbindung schon grosse Mengen von lebendiger Kraft geliefert werden können, wie das geführte Beispiel von dem unter Wärmeentwicklung eintretenden Uebergang von Paracyan lehrt. Diffusion, Imbibition, die je nach den Lebenserscheinungen der verschieden stark sind, Veränderung der Cohäsion und Elasticität sind als Kraftquellen bekannt, die in dem animalen Organismus ihre Wirkungen entfalten. In Veränderung der angedeuteten mechanischen Verhältnisse der Organe speichern sich die aus dem Stoffwechsel stammenden Kräfte zum Theil auf. Die Kraftentwicklung der Organe (z. B. Nerven etc.) hat ihre nächste Quelle, neben dem fortschreitenden Stoffwechsel, in derartigen mechanischen kraftliefernden Veränderungen, die wir bei der Arbeit der Organe eintreten sehen.

### Mechanische Arbeitsleistung durch Kontraktilität der Zellen, Flimmerzellen.

Unter den lebendigen Kräften, die wir von der animalen Zelle entwickelt sehen, steht die mechanische Arbeitsleistung durch Kontraktilität oben an, gefolgt von der elektrischen und Elektricitätsentwicklung in den Zellen und den Organen. In der Folge im speciellen Theil ihre ausführliche Darstellung.

Wir sehen die Erscheinungen der Kontraktilität an das eiweissreiche Protoplasma geknüpft. Ueberall, wo wir mechanische Leistungen als Eigenleistungen der Zellen — Locomotionen — oder Bewegung grösserer Organe im Gesamtkörper antreffen, beruhen diese auf Gestaltsveränderungen der Zellen.

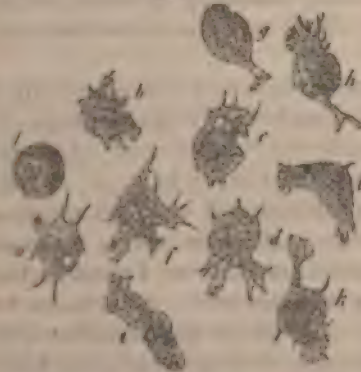
Ausdrücke: Kontraktion und Kontraktilität beziehen sich zuerst auf die Muskelzellen und quergestreiften Muskelschläuche. Sie zeigen auf Reize eine Verkürzung und Verdickung, sie ziehen sich zusammen, werden mehr oder weniger contractil, und können dadurch, weil sie bandartige Längen besitzen, entfernte Theile, an denen sie mit beiden Enden befestigt sind, einander annähern. Gestaltsveränderungen der übrigen Zellen, welche die neuere Forschung contractil erkannte, sind davon principiell nicht verschieden. Die Kontraktion des Protoplasmas ist entweder eine totale oder eine partielle. Im ersteren Fall zieht die ganze Masse die Kugelgestalt an, oder nähert sich derselben möglichst. Gewöhnlicher sind partielle Kontraktionen, die in mannigfachen Formungen bestehen, oder in Bewegungen von Flüssigkeiten in dem Protoplasma.

Diese letzteren werden durch partielle Kontraktionen des Protoplasmas, verglichen mit den peristaltischen der Darmmuskulatur, hervorgerufen. Das aktive Aussenden von Fortsätzen aus der Zelle geschieht ebenfalls

durch partielle Kontraktion. Der Ruhezustand der Zelle ist bei freien Zellen mit der kugeligen Form verbunden, bei verbundenen und freien stets mit einer Form, in welcher sich alle auf die Zelle einwirkenden Kräfte das Gleichgewicht halten. Gehen wir der Einfachheit wegen von der kugeligen Gestalt der Zelle aus, so erfolgen die partiellen Kontraktionen des Protoplasmas stets in peripherer Weise, indem sich in der Richtung grösster oder kleinster Krümmung der kugeligen Zelloberfläche das Protoplasma zusammenzieht. Die Zelltheilung durch Theilung des Protoplasmas hat man schon seit längerer Zeit als Kontraktionsphänomen aufgefasst. Hier findet zunächst eine partielle Kontraktion in der Richtung eines grössten Kreises statt, welche die der Theilung vorübergehende biseuitförmige Einschnürung hervorruft. Schreitet die Kontraktion nach rechts und links von dem primär kontrahirten grössten Kreisabschnitte fort, so erhält die Wurstform der Zelle, kontrahirt sich das Protoplasma in der Richtung seiner grössten Kreise, so entsteht die Kugelform der Kontraktion. Beginnend mit einer Kontraktion an der Zelloberfläche an einem kleinsten Kreise, so tritt sie auf grössere Kreise fort, so entstehen mehr oder weniger feine Ausbuchtungen, die durch Nachlassen der Kontraktion wieder eingezogen werden können. Veränderungen, die mit voller Gewissheit auf Kontraktilität deuteten, sind, von älteren Abgaben, bis jetzt fast nur noch nicht an den Nervenzellen und Blutkörperchen erkannt worden. W. PREYER will jedoch auch an rothen Blutkörperchen von Fröschen und Erdsalamandern Kontraktilität beobachtet haben. Sie zeigen wohl alle Zellen, so lange die Grenzschichten des Zellinhaltes nicht zu einer festeren Membran erhärtet, Bewegungserscheinungen.

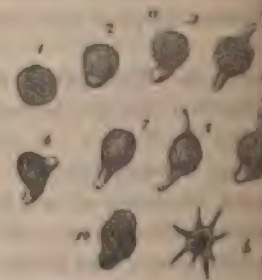
Am bekanntesten sind diese amöboiden Gestaltveränderungen an todt kugeligen, freien Zellen, die im thierischen Körper so vielseitig vorkommen und als farblose Blutkörperchen, Lymph- und Chyluskörperchen, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen beschrieben werden. Leichter als an die aus den Flüssigkeiten des Menschen- und Säugethierkörpers können die Bewegungen an den analogen Zellen vom Frosch beobachtet werden, da

Fig. 52.



Kontraktile Zellen aus dem Humor aqueus  
entzündeten Fröschenauges.

Fig. 53.



Kontraktile farblose Zellen des  
Froschblutes; A 1—10 aufeinander-  
folgende Formveränderungen einer  
Laufe von 10 Minuten; A eine  
kugelige Zelle.

an Eiterkörperchen aus der wässrigen Flüssigkeit des Auges bei (Korn-) Hornhautentzündung. Bringen wir, nicht ohne gewisse Vorsichtsmass-



leben dieser Flüssigkeit unter das Mikroskop, so zeigen sich in ihr Zellen von verschiedensten zackigen Gestalt. Mehr träg oder rascher sehen wir die Gestalt dieser Ausläufer und Zacken sich verändern. Aus dem Zellkörper treten feine, fadenförmige Fortsätze oft rasch hervor, andere breitere verästeln sich. Berühren sich solche ausgesendete Aeste benachbarter Fortsätze, so verknüpfen sie in einander und bilden zierliche Maschenräume. Andere Ausläufer zerren sich dagegen und ziehen sich und etwaige Anhänge in den Zellenleib zurück. A. Im Zellinhalt zeigt sich ein Strömen der Protoplasmakörnchen. Erst beim Eintritt des Todes lässt dieses Bewegungsspiel nach, die Zelle wird kugelig und nimmt so die Form an, die man früher allein für sie charakteristisch hielt. An den Zellen des lebenden Bindegewebes und an den sternförmigen Zellen der Hornhaut wollen Einige (KÜNE) ein ähnliches Spiel von Beobachtungen gesehen haben. Auch Drüsen- (Leber-) Zellen sollen derartige Bewegungen zeigen. KOLLIKER sah Saftströmungen in animalen Zellen (in *Polycellinum stellatum* und den Knorpelzellen der Kiemenstrahlen von *Hyommat*), die wie die analogen Erscheinungen bei Pflanzenzellen auf Strömungen des Protoplasmas vom Kern gegen die Peripherie beruhen.

Als den **Wimper- oder Flimmerzellen** gewisser Epithelien: Athemorgane vom Nasengang bis in die feinsten Bronchien, in den Geschlechtsorganen von den Eizellen bis zum Muttermund, in den Hirnhöhlen stehen feine Härchen an der Oberfläche eines Theiles der Zellmembran: die Wimperhärchen oder Flimmercilien. Wenn diese Zellen leben, sind alle die Härchen in schwingender Bewegung ununterbrochen begriffen. Auch diese Bewegungen scheinen auf Kontraktionsphänomenen des Zellenprotoplasmas zu beruhen, in welche neuere Beobachter die Bewegung der Cilien verfolgt haben wollen (VALENTIN, BUHLMANN, FRIEDREICH, EBERTH).

Eine Einwirkung des Nervensystems scheint nicht stattzufinden. Die Härchen können durch ihre Bewegungen leichte Körperchen, Schleim etc. in bestimmter Richtung fortschleudern; man kann diese Bewegung kleiner Körperchen auf adgestreuter Kohlestäubchen auf der Mundschleimhaut des Frosches sehr leicht beobachten. Diese Bewegungen werden durch Wärme (CALLIBURCES u. A.) hervorgerufen, ebenso durch elektrische Ströme, gleichgültig von welcher Richtung.

An Kernen von Zellen zeigen sich bei höheren Thieren keine Bewegungen, wohl aber die Samenfäden, die eine sehr lebhaftige Bewegung zeigen, bei den Säugethieren aus Zellkernen hervorgegangen; sie bewegen sich aber erst, wenn die Zellhülle entfernt ist. Die Lebensbedingungen der Samenfäden oder Zoospermien sind genau die gleichen, welche für die Flimmerbewegung aufgefunden worden. Die Bewegung des Schwanzes der Zoospermien ist ganz die der Cilien.

In den Pigmentzellen der Frösche, in den Knorpelzellen, die beide auch kontraktil sind, in den Eiterkörperchen, weissen Blutkörperchen, Schleim- und Speicherkörperchen finden sich die Inhaltkörnchen in einer Molekularbewegung, die dem Leben der Zelle schwindet. Es ist wahrscheinlich, dass diese Körnchenbewegung theilweise denselben Grund hat wie die Molekularbewegung, die man in anorganischen, sehr feinen Niederschlägen in Flüssigkeiten wahrnimmt. Mit dem Absterben der Zellen tritt meist ein Festwerden des flüssigen Inhalts und Molekularruhe ein.

V. RECKLINGHAUSEN und ENGELMANN beobachteten an den kontraktilen Körperchen von der Froschhornhaut eine Ortsveränderung, sie schieben sich durch Ge-



webslücken hindurch und legen so nicht ganz langsam ziemliche Strecken. Sie wechseln dabei fortwährend ihre Gestalt, indem sie sich dem entgegen anpassen. CONSUME lehrte uns, dass die weissen Blutkörperchen ausfassen aus- und in die Gewebe einwandern können.

HÄCKEL, RECKLINGHAUSEN u. A. sahen Körnchen von zerriebenem Zinnobmin, Indigo, kleine Fettmoleküle der Milch von Zellen mit amöboider Bewegung ihr Protoplasma aktiv aufgenommen werden. An die ausgesendeten Zellfortsätze hängen sich die Körnchen an; werden die Fortsätze eingezogen, so gelangen ihnen die Körnchen in das Protoplasma. Besonders deutlich sieht man diesen Vorgang der Zellenfütterung an den farblosen Zellen des Blutes, der Lymphgefäße, Eiters. Im lebenden Organismus sehen wir auch grössere geformte Massen weiche Zellenprotoplasma eindringen, eingedrückt werden: Farbstoffe, Fettkügelchen, selbst ganze Blutkörperchen (blutkörperhaltige Zellen). Wir finden wir im Zelleninnern eingebettet. Die Colostrumkörperchen der Milch, welche auch aktive Kontraktilität zeigen, geben dagegen ihre Fettkügelchen ab, sodass sonach Aufnahme und Abgabe von Stoffen von Seite des Protoplasmas als ein aktiver Kontraktionsvorgang erscheint (STRICKER).

Die Stoffaufnahme und das aktive Wandern der Zellen öffnen dem Organismus eine neue Welt minimaler Vorgänge (FREY). Amöboide Zellen, die wir in thierischen Flüssigkeiten und Geweben so häufig finden, ohne uns ihr Vorkommen erklären zu können, können aus tiefer gelegenen Organpartien ausgehen. Geformte Partikelchen von Ferment- und Ansteckungsstoffen können von Amöboiden aufgenommen und von diesen nach entfernten Lokalitäten des Körpers gebracht, zu schweren Folgen für den Organismus führen.

Die Kontraktilitäts-Erscheinungen des Protoplasmas sind offenbar unabhängig von dem Einfluss des Nervensystems, wie sich aus dem Versuche ergibt, dass auch freie, einzelne Zellen solche Bewegungen zeigen. Bei den kontraktilen Zellen und Zellderivaten: glatte und quergestreifte Muskeln, Pigmentzellen der Batrachier, ist der Nerveneinfluss unverkennbar zur Kontraktilität erforderlich. Der motorische Nerv tritt hier in direkte Verbindung mit dem kontraktilen Protoplasma.

#### Bedingungen der Kontraktilität des Protoplasmas.

Man hatte bisher vorzugsweise die chemisch-physikalischen Lebenserscheinungen an animalen Zellengebilden an Geweben, vor allem dem Muskelgewebe untersucht. Die Untersuchungsresultate haben nun die Lebensbedingungen nicht nur für das Nervengewebe, sondern auch für die einzelnen Zellen selbst konstatiert. Im Allgemeinen zeigt sich eine Uebereinstimmung in den Lebensbedingungen der verschiedensten Zellen und Zellabkömmlinge. Nach den Untersuchungen von KÜHN, ENGELMANN u. A. zeigt sich eine enge Verbindung in der angedeuteten Richtung zwischen dem Protoplasma der einzelnen Zellen und Muskeln; dieselbe Behauptung lässt sich auch zwischen Zellenprotoplasma und Nerven stellen (cf. Nerven). Die Bedingungen der Kontraktilität sind die Lebensbedingungen aller Zellen und Zellenabkömmlinge.

Die Kontraktilität des Protoplasmas ist abhängig von seiner normalen Zusammensetzung. Alles, was Gerinnung in den Eiweisskörpern des Protoplasmas hervorruft, ist der Kontraktilität feindlich. Bei dem Tode der Zellen häuft sich eine freie Säure an, welche Gerinnungsausscheidungen (z. Th. Myosingerinnung) hervorruft. Diese Gerinnungen sind die direkte Ursache des Aufhörens der Kontraktilität der Zellen. Alle Einflüsse, welche eine Säureanhäufung in der Zelle bedingen, wie stark

übermässig gesteigerte Wärmezufuhr vernichten oder schwächen diese Lebenserscheinungen ebenso wie direkte Applikation von verdünnten Säuren (HUIZINGA). Auch die Kohlenhydrate, welche im Verlaufe des allgemeinen Zellenlebens sich fortwährend bildet, wirkt schon geringen Mengen die Kontraktilität auflösend. Durch Entfernen der Kohlensäure z. B. durch einen Strom von Wasserstoffgas kehrt oft die Kontraktilität zurück, solange noch keine tiefen Veränderungen des Protoplasmas eingetreten sind. Die Nothwendigkeit der einen der Zellenthmung, der Kohlensäureausscheidung ist dadurch erklärt. Schwache Alkalien lösen die Wirkung der schwachen Säuren, auch der Kohlensäure wieder, doch sind auch sie allein nicht ganz unschädlich; haben sie Stillstand verursacht, so kehrt die Bewegung durch Hinzuführung schwacher Säuren (Neutralisation) zurück. Destillirtes Wasser kann durch Gerinnung des Protoplasmas hervorrufen, da ein Theil der Eiweisskörper desselben in Salzen gelöst ist. Etwa bei 40°C. tritt die Veränderung des Protoplasmas durch eine Art »Starre«, ein Festwerden durch Gerinnung ein, wie wir das bei den Muskeln näher kennen lernen werden. Diese »Wärmestarre« vernichtet endlich die Erregbarkeit definitiv. Die Kontraktilität ist weiter abhängig von einer Athmungs-Aufnahme von Sauerstoff in die Zellen. Sauerstoffmangel macht das Protoplasma bald bewegungslos, wirken eine Reihe giftiger Stoffe: Alkohol, Chinin etc.

Das Protoplasma wird zu seinen Bewegungen angeregt durch Reize; es sind dieselben, die auch für Muskel- und Nervengewebe in dem gleichen Sinne wirksam finden werden. Wir meinen sehen wir, dass alle diejenigen Agentien, welche rasch eine bedeutendere Aenderung in der Lebensenergie des Protoplasmas hervorrufen, auch Kontraktionen bewirken. Diese Veränderung der Lebensintensität kann eine Schwankung nach aufwärts oder nach abwärts sein. So sehen wir durch Wärme und Elektricität das Protoplasma zu Bewegungen anregen, in einer Intensität angeordnet, in welcher sie die Lebensenergie erhöhen, wie wir oben schon bei der Betrachtung der Flimmerbewegung sahen, so sehen wir Kälte und mechanische Alterationen, übermässige Wärme und Elektricität als Reize wirken, obwohl sie die Lebensenergie des Protoplasmas vernichten oder wenigstens herabsetzen. Es steht der Bewegung des ruhenden Protoplasmas eine Hemmung entgegen, die zum Theil in der Wirkung der »ermüdenden« Stoffe, zum Theil in der Stärke der in dem Protoplasma fliessenden elektrischen Ströme besteht. Diese Hemmung wegzuräumen, ist Aufgabe der Reize; alle haben sonach, wie das an Nerven definitiv erwiesen ist, eine Erhöhung der Erregbarkeit des Protoplasmas als erste Wirkung, der erst dann der Eintritt der wahren Erregung folgt.

Im Zellenprotoplasma sehen wir unter gewissen Umständen ein Schwächerwerden der Thätigkeit, endlich ein Aufhören derselben eintreten. Das Sistiren der Protoplasma-Bewegungen kann entweder ein definitives sein: Tod der Zelle, oder es kann möglicherweise in Bewegung übergehen: Ermüdung der Zelle. Beide Vorgänge haben insofern eine Aehnlichkeit, als sie auf chemischen Veränderungen des Protoplasmas beruhen. Diese Veränderungen bestehen bei der Ermüdung 1) in Anhäufung gewisser die Protoplasma-Bewegung hindernder Stoffe: ermüdender Stoffe, von denen für das Zellenprotoplasma bei dem Umsatz desselben entstehenden fixen Säuren (z. B. Milchsäure etc.) und die gasförmige Kohlensäure auf ihre Wirkung näher untersucht sind; 2) in Mangel an Sauerstoff. Die Ermüdung aus Mangel an zersetzbarem Material ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden, obwohl von vielen Physiologen angenommen, ist sie mehr als unwahrscheinlich. Die Entfernung der ermüdenden Stoffe meist mit vorläufiger Neutralisation, durch Neuzufuhr von Sauerstoff verschwindet die Ermüdung. Haben chemische Veränderungen im Protoplasma zu Gerinnungen der Albuminate geführt, so geht die Ermüdung in Tod über. Auch nach Entfernung der ermüdenden Stoffe kann die Gerinnung manchmal wieder gelöst und damit scheinbar schon verstorbenen Zellen die Erregbarkeit zurückgegeben werden.

Die Bewegung der Flimmerzellen, welche neuerdings näher studirt worden ist, verdient eine eigene Betrachtung, obwohl sie in ihren Bedingungen mit den allgemeinen Eigenschaften der Protoplasma-Bewegung animaler Zellen übereinstimmt. ENGELMANN fand bei



seinen Untersuchungen der Flimmerbewegung bei Wirbelthieren, vor allem bei Fischen, dass unter normalen Verhältnissen jedes Flimmerhaar in einer senkrecht auf der Zelle stehenden Ebene schwingt. Die Schwingungsrichtungen benachbarter Haare sind unter sich und im Allgemeinen der Längsaxe des Organs, in dem sie zellen finden, parallel. Jedes Flimmerhaar macht normal wenigstens 12 ganze Schwingungen in der Sekunde. Jede ganze Schwingung besteht aus zwei halben Schwingungen gleicher Dauer, die Kontraktion des Haars dauert länger als die Erschlaffung. Erschlaffungstraktion pflanzen sich abwechselnd in Form einer Welle mit der Geschwindigkeit wenigstens 0,24 mm in der Sekunde peristaltisch über das Haar fort. Aus dem lebendigen entfernte Flimmerzellen (Flimmerhaare) werden auch in indifferenten Flüssigkeiten (Blutserum, Kochsalzlosung von 0,6—4%) nach und nach starr, meist werden Theile der Haare zuerst bewegungslos, dadurch werden die Haarbewegungen abgebrochen, die Haare beugen sich wie im Knie; im umgekehrten Falle werden die Bewegungen abgebrochen, durch unsymmetrische Erstarrung wechselt die Bewegung ihre Richtung. Vor Eintritt der Starre geht ein Stadium der Ermüdung voraus, die Geschwindigkeit der Kontraktionsbewegung und die Grösse der Kontraktion nimmt ab. Die Starre beruht theils auf Mangel genügender Sauerstoffzufuhr, theils auf dem Eintritt von Giftstoffen, theils auf Anhäufung von Säure (ermüdende Starre). Nach den Mittheilungen KÜSE's ist die Starre theils als fortgesetzte krampfartige Kontraktion des Protoplasmas, theils als wahre Todenstarre aufzufassen. Beobachtungen von CALLIBRICES, dass die Flimmerbewegungen beschleunigt werden durch Erwärmung auf etwa 30°, bestätigte ROU, höhere Temperaturen, beim Frosch bewirken Stillstand, der bei Abkühlung wieder aufhört, bei höheren Graden aber wieder eintritt (Tod). KÜSE hält den vorübergehenden Stillstand für einen »Wärmestarr« der Muskeln für entsprechende Reize, hemmt ebenfalls anfänglich vorübergehend, später dauernd die Bewegung, sodass durch Erwärmen nicht wieder hervorgerufen werden kann. Der Grad, bei welchem von der Starre der definitive Stillstand eintritt, ist verschieden. Gefrorene Flimmerzellen verlieren ihre Cilien hie und da nach dem Aufthauen noch kurze Zeit. Die Wirkung der Starre auf die Flimmerbewegung wurde in neuester Zeit von J. KISTIAKOWSKI untersucht. Er beobachtete das Wandern eines an einem Kokonfaden aufgehängten Siegelackstrahls, das die abpräparirte Gaumenhaut der Frosches lose berührte, auf dieser hin Ströme jeder Richtung beschleunigten die Flimmerbewegung und damit die Bewegung des Siegelackstrahls; dasselbe trat durch Induktionsströme ein. Die Bewegung überdauerte die Ströme einige Zeit. Natürlich oder künstlich z. B. durch ausserordentliche Säuren ermüdete, sich langsam oder gar nicht mehr bewegende Flimmerzellen können durch rasch verlaufende positive oder negative Schwankungen konstanter elektrischer Ströme durch Induktionsströme erregt werden, ganz wie Muskeln und Nerven (ESALT) beobachtet auch ein Stadium der latenten Reizung (cf. Muskel), dessen Dauer durch schwachen Strömen bis auf 5 Sekunden und mehr anwachsen kann. Sehr starke elektrische Schläge oder fortgesetzt einwirkende Wechselströme vernichten die Cilienbewegung. Chemische Einflüsse, z. B. Wasserentziehung und Wasserimbibition durch Veränderung der Konzentration der bespülenden Flüssigkeit ist die Flimmerbewegung ebenfalls beeinflusst. Wiederherstellung der normalen Konzentration ruft oft die Bewegung wieder hervor. Die Wirkung der Säuren und Alkalien ist die oben angegebene, gleichgültig ob sie durch Gase oder Lösungen einwirken. Säuren wirken schon in grosser Verdünnung, Alkalien, der Stillstand durch verdünnte Säuren kann durch verdünnte Alkalien gehoben werden und umgekehrt. Der Kohlensäurestillstand kann durch Einwirkung von Gasen durch einen Wasserstoffstrom wieder verschwinden (ENGELMANN). Auch Natron wirken direkt als Reize, insofern sie bei ermüdeten Flimmerzellen die Bewegung wieder hervorrufen wie elektrische Stromschwankungen, ebenso Wärme. Die



meist starre und die natürliche Ermüdung, bei denen sich also offenbar Säure im Zellprotoplasma bildet, kann nicht durch schwache Säuren, wohl aber durch Alkalien aufgehoben werden. Mangel an Sauerstoff hebt die Flimmerbewegung ziemlich rasch auf, nur von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft bringt die Bewegungen zurück. KÜSE hat gezeigt, dass die Flimmerzellen dem Oxyhämoglobin den Sauerstoff entziehen und auf dessen Basis ihre Wirkung fortsetzen können; die Flimmerbewegung steht still, sobald die Hämoglobinsäure, in der sich Flimmerzellen bewegten, die beiden Stufen des Oxyhämoglobins verbraucht hat; die Bewegung beginnt wieder mit der Neuzuführung von Sauerstoff zu dem Hämoglobin. Das Protoplasma zeigt also eine sehr kräftige Anziehung für Sauerstoff, es nicht nur frei aufnehmen, sondern auch aus schwachen Verbindungen für seine Bewegung frei machen kann.

Das Verhalten des Flimmerzellen- und des anderen animalen Protoplasmas ist sonach mit dem der kontraktile Fasern und Nerven ganz übereinstimmend; ENGELMANN hat auch eine regelmässige Elektricitätsentwicklung an den Flimmerzellen wahrgenommen, die dem Muskel- und Nervenstrom E. de Bois-Reymond's entspricht.

Man hat sich vielfältig nach den Ursachen gefragt, welchen die Flimmerbewegung entspringt. Nach den Darstellungen, die wir oben gegeben, wären die Cilien kontraktile, nach den Angaben Anderer durchsetzen die Cilien die Zellmembran, ausserhalb hervorstechen, und treten mit dem Protoplasma in Verbindung, sodass sie an den Bewegungen desselben entweder passiv theilnehmen oder vielleicht als Bestandtheile desselben aktiv. A. STUART will an gewissen Flimmereilien (der Eolidinenlarven) an Muskel-erinnernde Querstreifung, in dem Zellprotoplasma selbst eine sehr dichte Längsstreifung gesehen haben; bei den verlangsamten Flimmerbewegungen sah er den Kern der Cilie sich mit auf- und abwärts bewegen, was auf eine abwechselnde Kontraktion des Protoplasmas deuten würde. Bei einigen Thieren sind Cilienbewegungen offenbar freiwillig und stehen unter dem Einfluss des Nervensystems wie die Wimperbewegungen an den Rudern der Raderthiere: Betrachtet man Thierchen, wenn sie die Bewegung anfangen, so sieht man immer deutlich ein Ausstrecken und Anziehen, ein Greifen der gekrümmten Cilien, das aber alsbald in das Wirbeln übergeht, welches eine andere Art von Bewegung ist als jenes Greifen (EURENBERG). Das «kontraktile Gewebe an der Basis der Cilien» ist entweder «spontan» oder bei anderen Wesen unter Nerveneinfluss in Bewegung zu setzen. Bei den Wirbelthieren ist die Flimmerbewegung vom Nervensystem direkt abhängig, seine Bewegungen gehen bei Vernichtung der Nerventhätigkeit, wie es bei Insekten gestört fort. Bei Vögeln und Säugethieren dauern bei 45°C. die Bewegungen  $\frac{3}{4}$ — $\frac{1}{2}$  (VALENTIN), hören aber schon bei 50 auf. Normale Ermüdungserscheinungen der Flimmerbewegung zeigen sich nicht nur an ausgeschnittenen Flimmermembranen sondern an ganzen Zellen. J. MÜLLER machte zuerst darauf aufmerksam, dass an den Kiemen der Fische zuweilen grosse Strecken ganz ruhen, um nach einiger Zeit ihre Thätigkeit wieder zu beginnen. Die Ermüdung ist kein Beweis für die Nervenwirkung, da das Protoplasma seine eigene Thätigkeit die chemischen Veränderungen der Ermüdung einleitet. Ueber die Ursachen der Kontraktilität und die dabei stattfindenden Kräfteübertragungen vermag man, wie über andere naheliegende Fragen, bei Muskel.

Für vergleichenden Anatomie. Man hat neuerdings die Kontraktilität des Protoplasmas an niederen Thieren und an Pflanzen untersucht. Bei der Besprechung der Flimmerbewegung wurden betreffende Beobachtungen schon erwähnt.

Die Untersuchungen KÜSE's zeigen, dass die Amöben sich gegen die gleichen physikalischen Eingriffe, denen wir die Flimmerzellen aussetzten, sich ebenso wie diese verhalten. Sie haben keine Membran. Unter der Einwirkung von Schwankungen der Osmotik nehmen sie Kugelgestalt an; sie verfallen in Tetanus; dasselbe ist auch im Tode der Fall, auch im Tode nehmen sie die kugelige Gestalt an. Auch Rhizopoden (Amphiprys Eichhorni), bei denen die Rindensubstanz aus einem «leichtflüssigen» Protoplasma besteht, zeigen das allgemeine Verhalten des Protoplasmas gegen äussere Einflüsse.

Sehr schwache Induktionsströme z. B. verursachen eine Einziehung der Pflanze durch allgemeine Kontraktion, Tetanus. Nach KÜRNE zeigen die *Myxomycete* Protoplasmabewegungen. Jeder Myxomycetenast zeigt ein rasches Fließen der enthaltenen körnchenreichen Flüssigkeit und eine Formveränderung des ganzen Astes. Besonders wichtig sind seine Untersuchungen über die Bewegungserscheinungen Staubfadenhaaren der *Tradescantia virginica*. Die Protoplasmaströmungen zeigen abhängig von der Kontraktilität des Protoplasma, das sich gegen chemische Einflüsse und Wärme ganz dem animalen Protoplasma entsprechend verhält. Das Protoplasma hört sofort auf, wenn der Luftzutritt verhindert wird, sei es durch eine Glasglocke oder Wasserstoffatmosphäre; Kohlensäure bewirkt zunächst vorübergehende definitiven Stillstand der Bewegung, die überhaupt ohne Sauerstoff nicht bestehen kann; Sauerstoff ist unbedingt zur Erhaltung der Erregbarkeit erforderlich.

### Molekularstruktur organisirter Gebilde.

In dem ersten Capitel haben wir uns ein Bild von dem Bau der organischen Gebilde zu verschaffen gesucht, so weit er sich direkt der mikroskopischen Beobachtung darbietet. Die molekularen Vorgänge in den Organismen sind so fein, dass wir an denselben noch eine weit feinere Struktur annehmen müssen, die uns das Mikroskop niemals sichtbar machen kann.

Ueber den molekulären Bau organischer Theile von Thieren und Pflanzen sind von BRÜCKE, NÄGELI, SACHS u. A. Untersuchungen angestellt worden.

Das Protoplasma, Zellmembranen, Kerne und alle Zwischenzellsubstanzen der alle organisirten Gebilde, bestehen in ihrem natürlichen lebensfrischen Zustande an jedem Punkte, den wir mikroskopisch noch wahrnehmen können, aus einer Gemenge flüssiger und fester Substanzen. Nach BRÜCKE und NÄGELI können wir uns ihren Molekularbau so vorzustellen, dass feste Massentheilchen, umgeben von einer von denselben angezogenen »Wasserhülle«, die organisirten Theile bilden. Die Massentheilchen mit ihren Wasserhüllen ziehen einander an, es bleiben zwischen ihnen »Molekularinterstitien«, molekulare Räume, welche auch durch flüssige (Flüssigkeiten) erfüllt werden. Diese festen Massentheilchen haben wir, nach dem Sprachgebrauch der Physik so klein zu denken, dass wir sie mit den stärksten Vergrößerungen uns nicht sichtbar machen können. Schon die kleinsten dieser Moleküle sind sehr complicirte chemische Gebilde, wie Eiweissmolekül, ein Molekül leimgebender Substanz oder Fett oder Zucker, die sich aus den verschiedenen chemischen Bestandtheilen zusammen, in die sie zerlegen können. Diese Einzelmoleküle der chemischen Substanzen, welche die rationelle chemische Formel der Verbindung repräsentirt werden, vereinigen sich zur Bildung grösserer fester Massentheilchen oder zusammengesetzter Moleküle aus sehr verschiedener Anzahl zusammen, sodass unbeschadet der Unmöglichkeit, die Einzelmoleküle wegen ihrer Kleinheit sichtbar zu machen, diese relativ doch deutende Grössenunterschiede zeigen können. Nach der Anschauung sind die zusammengesetzten Moleküle, aus denen die organisirten Substanzen bestehen, krystallinisch und, wenigstens stets bei den Pflanzengeweben, fest und liegen lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung nebeneinander. Im befeuchteten Zustande ist in Folge überwiegender Anziehung, wie ge-



fülle von Wasser umgeben, im trockenen Zustande berühren sie sich. Aus dieser Anordnung der Moleküle ergibt sich, dass im Innern eines Gebildes dreierlei Arten von Kohäsionskräften thätig sind. Einmal Einzelmoleküle (NÄGELI's Atome) zu zusammengesetzten, für Wasser eigentlichen Molekülen vereinigt durch die gleiche Wirkung der Kohäsionskräfte, wie sie in der anorganischen Natur zu Krystallen zusammentreten lässt. Es wirkt aber auch die mit Wasserhüllen umgebenen zusammengesetzten unter einander selbst an und suchen sich einander möglichst zu nähern. Es wirkt auch noch die Anziehung der Oberfläche (oder Masse) des zusammengesetzten Moleküls auf das imbibirte Wasser und dieses bildet dadurch seine Hülle um sich, wodurch dem Anziehungsbestreben der Nachbarmoleküle entgegen wirkt wird. Dass die Form der organischen festen Massentheilchen kugelig oder ellipsoidisch sein kann, sondern polyedrisch sein muss, geht daraus hervor, dass das in die organischen Gebilde imbibirte Wasser sich in allen Richtungen gleichartig einlagert. Indem mehr Wasser in die Organe eindringt, oder indem denselben ein Theil ihres Wassergehaltes durch Trocknung entzogen wird, sehen wir sie nicht nur Volumveränderungen, sondern auch Formveränderungen eingehen. Bei der Quellung, die im Allgemeinen Volumzunahme bewirkt, sehen wir einzelne Dimensionen verkürzt, andere bedeutend vergrößert werden. Es zeigt das, dass die Molekularkräfte im Innern der organischen Bildungen nach verschiedenen Richtungen hin verschiedenheit haben, was sich nur bei einer polyedrischen Form der zusammengesetzten Moleküle erklären lässt (NÄGELI). Die Erscheinungen aber, welche die Organe (der Pflanzen) im polarisirten Lichte zeigen, lassen sich (nach ZWENDNER, SACHS) nur erklären, wenn wir den Molekülen eine krystalline Gestalt und Struktur zuerkennen. Diese zusammengesetzten organischen sind optisch zweiachsig.

Am einzelnen Punkte des organisirten Gebildes scheinen sehr verschiedene zusammengesetzte Moleküle, getrennt von ihren Wasserhüllen neben einander zu liegen durch die Kohäsionskräfte der chemischen und physikalischen Kräfte einander genähert. Wir haben es bei diesen Verhältnissen mit einem Gleichgewichte zu thun, das beständige Molekularbewegung voraussetzt gegen die beständig eintretenden Störungen. Indem die Moleküle sich physikalisch verändern, werden sich die Anziehungen der einzelnen unter einander und gegen ihre Wasserhüllen wesentlich modificiren müssen. Vergrößerung der zusammengesetzten Moleküle wird die Kraft, mit der sie die umgebende Wasser wirken, eine geringere, mögen wir in der Berechnung die Masse des Moleküls oder von seiner Oberfläche die auf die Wasserhüllen wirkenden Anziehungskräfte uns ausgehend denken (NÄGELI, SACHS). Dadurch werden die festen Moleküle näher an einander zu liegen, die Kräfte, welche sie auf einander ausüben, werden in ihrer Wirkung verstärkt; die Dichtigkeit der Substanz nimmt zu, der Wassergehalt entsprechend ab. »Zersplittern« der Moleküle durch mechanische oder chemische Einflüsse zu kleineren Theilchen, so nimmt umgekehrt die Wassermenge, die um jedes Theilchen lagert, zu gegen die Menge, welche das grössere Massentheilchen um sich zieht, die Wirkung der kleineren, weiter von einander getrennten festen Theile auf einander wird eine geringere, die Kohäsion und Dichtigkeit des Kör-



pers nimmt ab. Die grössere oder geringere Dehnbarkeit sonst gleichscher Gebilde steht im direkten Verhältniss zu ihrem Wassergehalt. Der Gehalt ist uns so direkt ein Mass für die Grösse der festen Moleküle des organischen Körpers (NAGELI). Noch reichlicher müssen die chemischen Veränderungen zur beständigen Molekularbewegung beitragen. Die Nothwendigkeit der beständigen Sauerstoffaufnahme für das organische Leben, wodurch Stoffumbildungen eintreten, müssen nicht nur die Anziehung verschiedener Moleküle auf ihre Wasserhüllen, sondern auch die Wirkungen der Moleküle auf einander wesentlich verändern, sodass nur durch ebenso beständige Ausgleichwirkungen der Molekularkräfte das labile Gleichgewicht aufrecht erhalten kann. Das Leben der Organismen ist geknüpft an diese fortwährende Arbeit, zu welcher die Kräfte aus dem Stoffwechsel geliefert werden. Die scheinbare Ruhe, die wir an den lebenden organisirten Bildungen wahrnehmen, springt nur einer ununterbrochenen molekularen Veränderung, die das gestörte innere Gleichgewicht beständig wieder herstellt.

Der beschriebene Molekularbau gibt uns Aufschluss darüber, wie es an jedem Punkt des Inneren gelöste und absorbierte Stoffe von aussen einströmen und nach aussen abgegeben werden können. Wachstum und Ernährung ruhen im Grunde auf ganz analogen Vorgängen. In die Molekularinterstizien Lösungen fester Stoffe und Gase aus den die organischen Gebilde umgebenden Flüssigkeiten ein nach den modificirten Gesetzen der Endosmose für lebende organische Theile. Die in der Lösung enthaltenen Moleküle lagern sich entweder an schon vorhandene zusammengesetzte Wasserhüllen durchbrechend, sodass diese durch Apposition ihren Stoffwechsel gesetzten Verlust entweder ausgleichen oder übercompensiren. Die einströmenden Moleküle können sich in den mit Wasser erfüllten Molekularzwischenräumen auch zu neuen zusammengesetzten Molekülen vereinigen, die eine gemeinschaftliche Wasserhülle um sich bilden und sich schon früher eingelagerten durch Apposition vergrössern. Durch den Einstrom von neuen Molekülen werden andere Moleküle aus ihren alten Verhältnissen gedrängt, sie weichen aus einander, es findet Umfangszunahme des Gebildes statt, es wächst in die Dicke und Länge. Indem Lösungen in das Innere der Gewebsbestandtheile eindringen oder dort sich durch Umsetzung, Stoffwechsel bilden, werden sie das Molekulargleichgewicht stören, sie werden Einflüsse nach verschiedenen Seiten entfalten und erfahren. In den Ernährungsflüssigkeiten nehmen, so lange sie sich zwischen den Molekülen des organisirten Gebildes befinden, direkt Theil an der Erzeugung der Molekularbewegung, Wärme, Elektricität, die mit dem Leben untrennbar verbunden sind, sie sind integrierende Bestandtheile des lebenden Gewebes, in dem sie eingetreten sind. Ein Haupttheil des Gesamtstoffwechsels eines Organismus scheint bei diesem Durchpassiren von Ernährungsflüssigkeiten durch organisirte Gebilde stattzufinden.

Die Ursachen der Flüssigkeitsströmungen durch organisirte Theile, Zellmembranen, Protoplasmabildungen, beruhen im Allgemeinen auf den physikalischen Gesetzen der Diffusion (Endosmose und Gasdiffusion), werden durch ihre Anwendung auf lebende Organtheile durch den beschriebenen Molekularbau und die Krafteinwirkungen, welche auf die durchpassirenden

der in ihrer Lebensbewegung befindlichen Moleküle stattfinden, wesentlich. Nach dem Absterben treten Gleichgewichtszustände zwischen lebsmolekülen in grösserer Masse als im Leben ein, die toten Gewebe sich dann mehr oder weniger anorganischen Bildungen analog.

Kräfte, um welche es sich bei der Kohäsion der Moleküle in organischen Theilen sind sehr bedeutende, wie denn, wie wir sahen, überhaupt die Molekularkräfte sehr starke Wirkungen auszeichnen. Das Wasser wird mit grosser Kraft bei der Imbibition gezogen. Nach JAMIN kann man die Imbibitionskraft der Stärke und des Holzes zu messbarem Druck anschlagen. Bei der Imbibition findet eine bei trockenen organischen Substanzen, z. B. Stärke, leicht nachweisbare Wärmeerzeugung statt, die 2—3°C. betragen kann. Das eintretende Wasser scheint sich also zu verdichten. Zu demselben kommt QUINCKE für die Imbibition thierischer Theile.

Untersuchungen von NÄGELI, SACHS, SCHWENDNER beziehen sich zunächst auf Pflanzen, die lassen sich aber ziemlich vollkommen auf den animalen Gewebsbau übertragen. Entdeckungen über den optischen Bau des Muskels zeigen, dass die Eigenthümlichkeiten des Molekularbaues sich auch in grösseren, sichtbaren Dimensionen wiederholen. RUTHERFORD's doppelbrechende krystallähnlich gestaltete Fleischtheilchen: Disdiaklasten eine einfach brechende Zwischensubstanz eingelagert in ganz analoger Weise, wie den molekularen Bau der Gewebe im Kleinen zu denken haben.

Wassergehalt der Gewebe hat sonach die Aufgabe der Vermittelung der gelebten Lebensvorgänge. Der Molekularbau der lebenden organisierten Bildungen, die Bewegungen, die Einwirkung der Moleküle auf einander in chemischer und physischer Weise, der Stoffaustausch für Stoffwechsel, Ernährung, Wachstum sind durch Wassergehalt allein ermöglicht. Dasselbe gilt von der Entstehung und Verbreitung elektrischer Ströme, da trockene Gewebe die Elektrizität nicht leiten. Die chemischen Vorgänge und die daraus resultirenden lebendigen Kräfte müssen dadurch sehr wesentlich beeinflusst werden, dass zur Vereinigung von Stoffmolekülen zuerst die Wasserhülle der Moleküle durchbrochen, die anziehenden Kräfte der Moleküle gegen ihre Wasserhüllen überwunden werden müssen.

### Hydrodiffusion, Lösung, Endosmose.

Wenn wir neben den mit Flüssigkeiten erfüllten Molekularkörpern noch grössere ebenfalls mit Flüssigkeiten angefüllte Gewebslücken; sie bilden feine Kanäle, welche die Gewebe und Häute durchziehen. Befinden sich auf beiden Seiten einer Membran wässrige Flüssigkeiten, so dass die Haut als Scheidewand dient, wie bei Zellmembranen zweier an einander liegender, mit Flüssigkeit gefüllter Zellen, so wird uns auf den ersten Blick, dass die auf diese Weise hergestellte Trennung der Flüssigkeiten keine absolute ist. Sie stehen durch die ebenfalls mit wässriger Flüssigkeit gefüllten feinen und grösseren Kanäle der Haut mit einander in direkter Verbindung, so dass in diesem Falle, wenn wir vor allem von der chemischen Einwirkung absehen, welche sich organisirte Theile passirenden Lösungen erfahren, im Wesentlichen dieselben physikalischen Vorgänge der Mischung der Flüssigkeiten werden erwarten müssen, wie sie eintreten, wenn wir zwei wässrige Flüssigkeiten ganz ohne Scheidewand mit einander in Berührung bringen.

Bei oder mehrere sich mischende aber nicht chemisch zersetzende Lösungen, welche auf einander in direkte Berührung gebracht werden, tauschen ihre Bestandtheile so lange

Das Genauere über die ausserhalb des Organismus stattfindenden Vorgänge findet sich bei A. FICK, medicinische Physik S. 24 ff. zusammengestellt.

mit einander aus, bis die dadurch entstandene Mischung überall vollkommen ist. Die sich mischenden Flüssigkeiten durchdringen sich also gegenseitig vollkommen. Kalischen Ursachen, welche in ihnen selbst gelegen sein müssen, da diese gegenseitige Durchdringung auch stattfindet, wenn gar keine äusseren, sie unterstützenden Motoren, z. B. Erschütterungen z. B., hinzukommen. Diese Mischung geht dem Gesetze der Sedimentation entgegen vor sich. Von zwei specifisch verschieden schweren Flüssigkeiten, welche auf den Boden eines Glaszylinders gebracht, die leichtere vorsichtig mechanische Mischung zu erzeugen auf die erstere geschichtet wurde, durchdringt die andere ebensogut als wenn der Versuch umgekehrt stattfände. Die schwerere steigt in der leichteren auf, die leichtere sinkt in die schwerere herab, und es erfolgt, trotz des Hindernisses durch die Wirkung der Schwere, eine vollkommen homogene Mischung. Als die physikalische Ursache dieser Mischung der tropfbaren Flüssigkeiten nach E. du Bois-Reymond den Namen **Hydrodiffusion** trägt, muss eine gegenseitige molekulare Anziehung der Moleküle der gelösten oder flüssigen Körper angenommen werden.

**Lösung.** — Zur Ueberführung fester Stoffe in den flüssigen und gasförmigen Zustand ist Wärme erforderlich.

Die zur Lösung erforderliche Warmemenge wird der Umgebung, zum grossen Theile dem Lösungsmittel selbst, entzogen, worauf die Kältemischungen beruhen.

Die Menge der bei der Lösung eines festen Stoffes in einer Flüssigkeit latenten Wärme muss wenigstens die gleiche, meist aber grösser sein, als die, welche zum Auflösen desselben Stoffes erforderlich ist. Es kann uns nicht verwundern, wenn das Lösungsmittel bei der Lösung der Verbrauch an Wärme, die übrigen Faktoren gleich bleibt, steigt mit dem Grade der Verdünnung der Lösung. Es gehört ein gewisser, correspondirender Aufwand von lebendiger Kraft dazu, die Moleküle weiter und weiter von einander zu trennen.

Die Fähigkeit sich in Flüssigkeiten besonders in Wasser zu lösen ist für verschiedene Stoffe eine sehr verschiedene. Sie geht von dem Gewichte 0 bis zu sehr bedeutenden. Manche Stoffe lösen sich nur in heissen Flüssigkeiten, bei den meisten Stoffen ist die sich lösende Menge für eine gegebene Flüssigkeitsmenge direkt, bei anderen in umgekehrten Verhältnissen mit der Erhöhung der Temperatur. Einige sind sogar in höheren Temperaturen weniger löslich als in niederen (Eiweiss etc.).

Durch die Gegenwart verschiedener Stoffe in der Lösungsflüssigkeit wird auch das sonst für reine Flüssigkeiten konstante Gewichtsverhältniss, in welchem ein Stoff zu lösen vermag, verändert, meist erniedrigt.

Das Wasser verbindet sich durch Kohäsion mit den Molekülen des gelösten Stoffes, das schon aus den obigen Darstellungen des molekularen Gewebsbaues sich ergibt. Durch die Veränderung der Flüssigkeiten, welche Stoffe in Lösung enthalten, ihren Gefrierpunkt. Das Wasser in Lösungen gefriert bei einer niedrigeren und siedet bei einer höheren Temperatur als das reine Wasser. Durch die Veränderung des Aggregatzustandes der Flüssigkeit werden die Moleküle des festen Stoffes und der Lösung getrennt; bei der Gefrierung scheidet sich der gelöste Stoff ebenso ab, wie er bei der Verdunstung zurückbleibt. Es ist verständlich, dass zur Veränderung des Aggregatzustandes plus der Trennung eine andere Summe von Kräften erforderlich ist, als zur Veränderung des Aggregatzustandes allein.

Der Vorgang der Lösung fester Stoffe in Flüssigkeiten findet in der gesamten thierischen Organismus die mannichfaltigste Anwendung. Die meisten Stoffe, welche wir als Nahrungsmittel kennen gelernt haben, sind an sich fest und müssen in lösliche Organbestandtheile werden zu können, erst gelöst werden. Der Verbrauch derselben ist wieder mit einer Verflüssigung verbunden; die verbrauchten Stoffe werden im grossen Theile in wässriger Lösung ausgeschieden: im Harn, im Schweise.

In dem thierischen Organismus findet Mischung von Lösungen verschiedener Stoffe durch Diffusion, ohne dass sie durch eine Scheidewand von einander getrennt werden.





Menge sein müssen, die durch die Scheidewand hindurch getreten ist. Ist diese für einen Stoff unendlich gross, z. B. Kolloidsubstanzen, so tritt gar kein Eindringen in die Scheidewand ein. Die Grundbedingung der Diffusion ist also die, dass die Scheidewand gleichzeitig den verschiedenen zur Diffusion dargebotenen Lösungen den Widerstand leistet, d. h. dass sie sich mit ihnen gleichzeitig imbibirt. Als Grund der freien Diffusion ist die Anziehung der Lösungsflüssigkeit gegen die Moleküle des gelösten Körpers anzunehmen. Ebenso kann man mit M. TRAUBE annehmen, dass der Durchtritt durch eine poröse Scheidewand durch Endosmose dann erfolgt, wenn jenseits der Scheidewand eine Flüssigkeit befindet, in der sich der betreffende Stoff löst, die sonach eine stärkere Anziehung auf ihn ausübt. Je grösser diese Anziehung, je grösser die Poren der Scheidewand, je kleiner die Moleküle des gelösten Körpers, desto schneller erfolgt die Endosmose. Grösser erscheint das endosmotische Aequivalent (M. TRAUBE), desto geringer der Diffusionswiderstand. Doch umfasst dieses Gesetz nicht alle Verschiedenheiten.

Sicher existiren auch Verschiedenheiten in der Anziehung, welche verschiedene Bestandtheile der Scheidewand erfahren. Für Wasser ist dies von organischen Stoffen aus sehr deutlich. Alle trockenen thierischen Stoffe begierig aus der Atmosphäre dunstförmiges Wasser an und verdichten es in stark hygroskopisch. Das imbibirte Wasser scheint analog dem Wasser in Lösung in einem höheren Wärmegrade zu siedeln als im freien Zustande. Auch die Beobachtung (LUDWIG), dass der Procentgehalt der imbibirten Salzlösungen in den Poren imbibirter Stoffe dem oben dargelegten Molekularbau entsprechend eintritt, spricht für eine Anziehung der thierischen Stoffe gegen Wasser. In der Nähe der Poren der imbibirenden Stoffe ist der Gehalt der wässrigen Lösung an Salz ein, in weiterer Entfernung in der Mitte der Poren, die Moleküle selbst sind mit einem wässrigen Wasser umgeben. Offenbar wird durch die Verwandtschaft der thierischen Stoffe mit dem eingedrungenen Wasser die Fähigkeit desselben, Salze zu lösen beeinträchtigt. Stoffe hat LIEBIG, indem er humöse Substanzen als Scheidewand verwendete, beobachtet, dass sie von der Wand zurückgehalten werden können. Humöse Scheidewand in der Erde halten die zur Pflanzenernährung nothigen Substanzen, z. B. Kalisalze, zurück, während sie dafür unnöthige, z. B. Natronsalze, passiren lassen. Es existirt also hier eine Anziehung gegen gewisse Stoffe in grösserem oder geringerem Grade.

Die Anziehung der todt en thierischen Theile für verschiedene gelöste Stoffe ist eine verschiedene. Legen wir einen quellungsfähigen thierischen Stoff in eine Flüssigkeit, nimmt er davon keine beliebige sondern eine bestimmte Menge auf; lassen wir ihn länger in der Flüssigkeit liegen, so findet keine weitere Aufnahme statt. Diese Menge der Flüssigkeit nennt man Quellungsmaximum. Es ist verschieden für verschiedene thierische Stoffe nach der Natur der Flüssigkeit. Ein thierischer Stoff nimmt vom Wasser, Salzlösungen von verschiedener Concentration etc. je ein verschiedenes Maximum auf.

Es leuchtet aus dem Bisherigesagten ein, eine wie ausserordentlich wichtig die Diffusionserscheinungen in dem thierischen Organismus anvertraut ist. Der grösste Theil der thierischen Stoffe bleibt während der ganzen Dauer des Lebens im festen Zustande; alle die Häute und Membranen, die wir im Thierleibe antreffen, sind wässrigen Salzlösungen imbibirt und gestatten darum wässrigen Lösungen das Eindringen, indem sie ebenso allen mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten das Eindringen in die Poren verwehren. Die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe aus dem Darmlumen in die Saftmasse; die Ausscheidungen in den Drüsen, aus dem Blute beruhen wenigstens zum Theil auf Diffusionsvorgängen. Die Erfahrungen über das verschiedene endosmotische Verhalten der Lösungen; die Beobachtung über das verschiedene Verhalten verschiedener Stoffe gegen den Durchtritt von Flüssigkeiten; das verschiedene Imbibitionsvermögen verschiedener Stoffe für verschiedene Lösungen etc. gehen uns für die erste Orientirung Fing-

mit des Zustandekommens der Drüsenausscheidungen aus dem Blute, wo wir bald jenen gelösten Stoff austreten sehen, ohne eine andere Vorrichtung als die Verschiedener quellungsfähiger Membranen. Das Vorkommen bestimmter anorganische in den einzelnen Zellen, in denen wir hierin eine so bedeutende Verschiedenheiten, beruht sicher auf Verschiedenheiten, welche die einzelnen thierischen Stoffe Aufnahme von Flüssigkeiten und Lösungen erkennen lassen.

der bedeutungsvollen Lichtblicke, welche uns die Beobachtungen über Diffusion in Vorgänge der thierischen Zelle, des thierischen Organismus gestatten, bleibt doch auch nach dieser Richtung noch in Dunkel gehüllt. Die einfachen Verhältnisse, jetzt bei Diffusionsversuchen betrachtet werden, entsprechen noch wenig den Vorkommnissen im lebenden Organismus. Es wäre ganz falsch zu glauben, dass in todtten Membranen und Gewebe gefundenen Werthe für Endosmose und irgend etwas lehren für die Vorgänge im lebenden Gewebe. Die eigentliche, Imbibition, gegründet auf die allgemeinen Gesetze der Hydrodiffusion treten in den Gewebe vielleicht niemals rein auf. Der Vorgang der Stoffaufnahme und ein aktiver, im letzten Grund auf den Lebesenseigenschaften der Gewebe beruhend, zuerst die Beobachtungen der Mikroskopiker, welche zeigten, dass eine gezielte Imbibition wie in todtten Gewebe in lebende nicht stattfindet. GERLACH fand, dass animale Zellen und Gewebe von indifferenten Farbstofflösungen, in denen sie sich nichts aufnehmen, dass diese dagegen in todtten sogleich eindringen und sich dort in Pflanzengewebe machten H. MOHL, NAGEL und andere dieselben Beobachtungen, der zweite diese Verhältnisse noch weiter auf ihre Erscheinungen untersuchte. Die Gewebe und Zellen ergeben die Beobachtungen (J. RANKE), dass sie sich in Flüssigkeiten für das Zellenleben indifferent sind, nicht imbibiren. Indifferent in diesem vor allem die Lösungen der verschiedenen neutralen Natronsalze von der Konzentration der thierischen Gewebssäfte also etwa von 0,5—4 $\frac{1}{10}$ . Für Froschgewebe ist Konzentration 0,6 $\frac{1}{10}$ —0,7 $\frac{1}{10}$ , wie es nach den angestellten Versuchen erscheint, am unbedeutendsten. Neutrale Zuckerlösungen auch von mehreren Procenten erscheinen für die Froschgewebe ebenfalls ziemlich indifferent, ebenso Harnstofflösungen für Muskeln und periphere Nerven, während sie die Erregbarkeit gewisser centraler Nervensubstanzen vernichten. Noch eine Reihe anderer Stoffe reiht sich hier an.

In der Betrachtung der chemischen Einflüsse auf die Protoplasmabewegungen fanden wir, dass schwach saure oder schwach (stärker) alkalische Lösungen die Lebensenergie der Gewebe herabsetzen, vernichten, dass sie sich gegen dieselben nicht indifferent verhalten. In sauren und alkalischen Lösungen sehen wir die lebenden Gewebe sich auch weniger rasch imbibiren in dem Verhältniss, als ihre Lebesenseigenschaften in sauren Lösungen geschwächt und vernichtet werden. Sehr auffallend ist es, dass zu den todtten Stoffen für die verschiedensten Gewebe: Muskelsubstanz, periphere und Nervensubstanz etc. sich Salze erweisen, die in keinem Gewebe fehlen und einen Bestandtheil derselben ausmachen: die Kalisalze der verschiedensten Gewebe. Eine äusserst geringe Menge von Kalisalzen in die Blutcirculation warmblütiger Thiere gebracht, tödtet dieselben wie ein Blitzschlag. Die oben genannten Gewebe sterben, in unter Zuckungen, in Kalisalzlösungen von derselben Konzentration ab, welche in Wasser sich als vollkommen wirkungslos erweist. In allen Kalisalzlösungen sehen wir eine rasche Imbibition der Gewebe erfolgen.

Die Beobachtungen reihen sich andere an, welche zeigen, dass die Imbibition auch wenn durch übermässige Thätigkeit Tetanus bei Muskeln und Nervensubstanz) die Lebensenergie der Gewebe physiologisch aus inneren Gründen herabgesetzt ist. Schon bei der Betrachtung der Einflüsse auf die Protoplasmabewegungen haben wir erwähnt, dass die Säuren, sowie das Absterben der Gewebe mit einer Säureanhäufung (Fleischmilchsäure, phosphorsaure Salze, Kohlensäure) in den Zellen und Zellerivaten einhergeht. Die Schwächung oder Vernichtung der Lebensenergie der Zellen und Gewebe



durch Säuren, die von aussen einwirken, hat also sein Analogon in der Wunden- und Absterben innerhalb der Zellen und diesen äquivalenten Gewebe auftretenden Säuren. Bei der Einleitung der Imbibition durch Ermüdung oder haben wir es also zunächst mit einer Säurewirkung zu thun, die uns schon deren Beobachtungen bekannt ist.

Um einige Beispiele anzuführen, so ist etwa (J. RANKE)

Quellungsmaximum		
	Chlornatriumlösung 10/100	Chlorkaliumlösung
für lebende geruhte Muskeln	0	positiv, aber unbestimmt
		Muskel sehr rasch absterben
für lebende tetanisirte Muskeln	43	positiv, aber unbestimmt
		selben Grunde.
für todt (geruhte u. tetanisirte) Muskeln	350/100	1360/100

Für die Nervensubstanz (Rückenmark von Fröschen) wurde gefunden

Lösung:	Mittlere Quellungs Zunahme	
	der ersten Stunde	nach 4 Stunden
10/100 Chlornatrium . . . . .	0	
10/100 Natronsalpeter . . . . .	3,40/100	
10/100 saures phosphorsaures Natron . . . . .	10,20/100	
10/100 Chlorkalium . . . . .	16,40/100	
10/100 Kalisalpeter . . . . .	18,10/100	
10/100 neutrales (schwachalkalisches) phosphorsaures Natron . . . . .	28,50/100	
Destillirtes Wasser . . . . .	37,80/100	

Die Beobachtungen am Muskel sind denen an der Nervensubstanz ganz analogen. Hier zeigt sich das destillirte Wasser als eines der heftigsten Gifte, das sehr rasch ungemein rasch vernichtet.

Am wichtigsten für die Beurtheilung ist die Differenz in der Quellung animaler in neutralen Natron- und Kalisalzen gleicher Konzentration. Kali und Natron können in der anorganischen Natur wechselseitig ersetzen, in der organischen Natur nicht. Die Salze des einen vollkommen indifferent in einer Konzentration, in welcher das andere als das heftigste Gift wirkt. Dem entsprechend sehen wir von Natronsalz nichts aufgenommen, während von der gleich konzentrierten Lösung des Kalis sehr reichliche Menge eingetreten ist.

Gegründet auf die Imbibitionsversuche an lebender Muskel- und Nervensubstanz an den Drüsenzellen der Darmschleimhaut sprechen wir das

#### Imbibitionsgesetz lebender Gewebe (Zellen)

folgendermassen aus:

Die lebenden Gewebe (Zellen) nehmen durch Imbibition Stoffe in sich auf, wenn ihre Lebensenergie geschwächt ist. Es ist gleichgültig, ob diese Schwächung der Lebensenergie durch die von aussen eindringenden Stoffe selbst erzeugt wird, oder ob diese Schwächung durch die Aufnahme von alkalischen und sauren Flüssigkeiten, von Lösungen von Kalisalzen und destillirtem Wasser etc. oder ob innere physikalische Zustände (saure Reaktion des Zellinhalts durch gesteigerte Oxydation des Protoplasmas (Tetanus bei Muskeln und Nerven), oder durch kühles Absterben) die Lebensenergie alteriren.

Man hat öfters den lebenden Zellen ein „Auswahlvermögen“ zugeschrieben, dass nur die für ihren Lebensprozess nötigen Substanzen in sich aufnehmen. Das Imbibitionsgesetz lehrt, dass die lebensschwache Zelle nur Stoffe in sich aufnimmt, welche, wenn sie auch zum Theil für

schädlich sind, ihre Aufnahme doch nur ihrer ersten, schwächenden Wirkung

ihrer Lebensenergie aus physiologischen Ursachen z. B. Tetanus herabgesetzt werden. Imbibiren sich nach dem Gesagten auch in indifferenten Lösungen. Es besteht zwischen der äusseren Flüssigkeit und dem Zellinhalt ein mehr oder weniger lebhafter Diffusionsverkehr. Dadurch treten die dem Zellenleben schädlichen Substanzen, z. B. durch gesteigerte Thätigkeit in der Zelle anhäufen (Säuren, ermüdende Stoffe), heraus; damit hebt sich die Lebensenergie der Gewebe wieder und nun sehen wir (Muskel und Nerven konstatiert) nicht nur die Flüssigkeitsaufnahme sistirt, sondern noch besonders deutlich bei Muskeln die überschüssig aufgenommene Flüssigkeit wieder ausgepresst werden.

In lebenden Organismen sind die von uns geforderten Bedingungen zur Flüssigkeitsaufnahme und Abgabe von Seite der Zellen und Gewebe beständig gegeben. Stets sehen wir aus inneren Ursachen in der Intensität ihrer Lebensenergie auf- und abwärts

schwanken. Organe, die durch stärkere Arbeitsleistung ermüdet sind, erhalten einen gesteigerten Ernährungsstrom gerade durch die chemischen Veränderungen des Protoplasmas, welche die eingetretenen Störungen des Zellenlebens zunächst durch Abfuhr der schädlichen Zersetzungsprodukte, dann durch Ersatz der verlorenen Bestandtheile und durch Neuzufuhr von Sauerstoff als Stoffwechselbedingung ausgleicht. Sind Gewebeshüllen aus äusseren oder inneren Ursachen geöffnet, sodass überhaupt ein lebhafter Verkehr von Flüssigkeiten stattfinden kann, dann erst treten die Vorgänge der Hydrodiffusion in ihrer anorganischen Gesetzmässigkeit ein. Unsere Beobachtungen werfen ein gewisses Licht auf den Werth und die Wirkung der alkalischen Reaktion der Gewebsflüssigkeiten, und alkalische Reaktion der Verdauungsflüssigkeiten, des (geringen) Kaligehalts des Lymphserums für die Vorgänge der Stoffaufnahme und Abgabe.

Zellen und Zellenderivate, denen eine aktive Kontraktilität des Protoplasmas zukommt, kann man sich schematisch den Porenverschluss ihrer Zellmembranen (und Aussenhüllen) vorstellen, durch welche während des ungestörten Lebens das Eindringen indifferenten Flüssigkeits verhindert wird, so vorstellen, dass man eine beständige (Tonus) oder rhythmische leichte Kontraktion des Protoplasmas annimmt. Da dieses mit den Zellmembranen (und Zellaussenhüllen) mehr oder weniger fest verbunden ist, so wird die innere Wand der elastischen Hüllen (die inneren Partien der Zellaussenschichten) eine gewisse Zusammenziehung, Kontraktion erleiden. Nehmen wir nun Poren (und Molekularinterstitien) an, welche die Hüllen senkrecht röhrenförmig durchsetzen, so müssen diese durch den von innen ausgeübten Zug trichterförmig nach innen verengert oder verschlossen werden. Wenn aus inneren Ursachen die Lebensenergie des Protoplasmas gelähmt, so hört der Tonus der Innenschichten der Zellhüllen mehr weniger auf, die Poren öffnen sich und Flüssigkeit kann in die Zelle eintreten. Wenn sich die Lebensenergie des Protoplasmas wieder erholt, so wird der frühere Porenverschluss wieder erneuert, nachdem zuerst bei der Kontraktion und nach offenen Poren die überschüssig aufgenommenen Flüssigkeit durch den nun aktiv wieder gesteigerten Druck im Zelleninnern wieder ausgepresst wird. Findet keine Rückkehr zum normalen Leben statt, wenn z. B. die aufgenommene Flüssigkeit das Protoplasma tödtet, so wird solange Flüssigkeit in die Zelle eintreten können, bis durch in der Zelle steigende Druck noch die Zellhüllen (Zellmembran oder Aussenhüllen) das Gesamtprotoplasma auszudehnen vermag, was je nach der Elasticität der Hüllen verschieden sein muss. Das Imbibitionsmaximum einer Zelle stellt sich dann nach der Menge der gelösten Stoffe verschieden, je nachdem die Elasticität der Zellhüllen und Aussenhüllen durch sie beeinträchtigt wird; so lassen sich die verschiedenen Imbibitionsverhältnisse in verschiedenen Lösungen erklären.

Die Erklärung bezieht sich zunächst auf die Stoffaufnahme todtler oder sonst in ihrer Lebensenergie aus inneren Ursachen geschwächter Gewebe und Zellen. Sie lässt sich aber auch ausdehnen auf die Imbibitionsverhältnisse durch Schwächung des Protoplasmas.



lebens vermittelt Stoffen, die von aussenher eindringen, indem diese zunächst eine Einwirkung auf die Zellhüllen und von da aus auf das Protoplasma zu Erfolg dann der gleiche ist, als wäre die Schwächung primär aus inneren Gründen.

Die Beobachtungen über Imbibition und Diffusion im lebenden Organismus geben uns Aufschlüsse darüber, warum wir besonders die anorganischen Stoffe in den Gewebs- und Gewebsflüssigkeiten so eigenthümlich vertheilt sehen. In den Gewebsflüssigkeiten, Blutserum, Lymphserum, in der Ausscheidungsflüssigkeit der Leber: Galle, ausschliesslich Natronsalze, dagegen in den Geweben und Zellen: Blutkörperchen, Organen finden wir vorwiegend Kalisalze. Wir wissen jetzt, dass der Grund zu suchen ist, dass die Gewebe ein «aktives Aufnahmestreben» für Kalisalze haben, diese ebenso in sich zurückhalten, wie wir durch LIEBIG das für die Ackererde erfahren haben. Natronsalze dagegen werden von den Geweben ebenso wenig aufgenommen. Der geringe Kaligehalt in den Gewebsflüssigkeiten ruht auf Nahrung, theils von den zerfallenen Gewebspartien her.

Ähnlich wie gegen Kali sehen wir die Gewebe sich gegen Phosphorsäure verhalten. Von den Nerven wissen wir, dass sie in anderen sehr verdünnten Säuren sehr lange ihre Lebenseigenschaften bewahren können, dagegen sterben sie unmittelbar in verdünnten Phosphorsäurelösungen sehr bald ab. Es verhält sich das Leben der Nerven nicht weniger als das Kali wichtige Phosphorsäure in Beziehung ebenso wie dieses (J. RASKE).

Zwischen den verschiedenen lebenden Zellen und Zellenderivaten herrscht ein erkennender Unterschied in Beziehung auf die Raschheit, mit welcher Stoffe auf sie einwirken und in sie aufgenommen werden. Da sieht man das ganz eigenthümliche Verhalten, dass manche Stoffe für gewisse Gewebe förderlich, für andere dagegen schädlich erscheinen. So wirkt, wie schon oben angegeben, primär nur (erregend) auf die centralen Gehirnpartien, in denen das Reflexcentrum liegt. Kohlenoxyd ist gegen alle Gewebe indifferent, bewirkt aber im Organismus durch eine Verbindung mit dem Hämoglobin, wodurch dieses Sauerstoff aufzunehmen. Näheres wird vor allem bei dem Nervenleben beizubringen sein. Derartige Unterschiede geben uns einen Einblick in einen unermesslichen Reichtum von Wechselwirkungen der Erregbarkeit, Stoffaufnahme und Abgabe, an denen auch die anorganischen und krystallisirbaren organischen Stoffe im Körper theilnehmen.

**Filtration.** Ausser den besprochenen Lebenseinwirkungen auf die Endosmose verbinden sich mit denselben noch andere Vorgänge zum Theile von grosser Wichtigkeit.

Zunächst sehen wir mit den Diffusionsvorgängen sich stets Filtration verbinden. Die Filtration ist von der Diffusion, durch deren Vermittelung gelöste Stoffe Membranen hindurchtreten (Endosmose) zunächst dadurch unterschieden, dass sie unter Wirkung eines Druckes gelöste Stoffe durch Membranen, Scheidewände hindurchtreiben, während die Endosmose von ausserem Druck unabhängig ist. Die Ursachen der Filtration sind, ausser der Schwerkraft, positive und negative Spannungen, die auf den Inhalt von Zellen, Blut- und Lymphgefässen etc. meist durch die Umschliessungen ausgeübt werden. Der Filtrationsprozess erfordert, dass der Druck auf der einen Seite geringer sei als auf der andern, von welcher der Strom der filtrirenden Flüssigkeit ausgeht. Das kann dadurch erreicht werden, dass der Druck im Innern bestimmter Zell- oder Gewebepartien durch übermässige Imbibition, z. B. nach Tetanus der Muskelfasern, oder durch andere Ursachen, wobei dann theils von den passiv übermässig gespannten Hüllschichten, theils von dem sich wieder kontrahirenden Protoplasma Flüssigkeiten ausgepresst — filtrirt werden. Da die Weite der Gefässe der Ernährungsflüssigkeiten unter dem Einfluss des osmotischen Druckes steht, so kann der Druck in ihnen und ihren Kapillaren abwechselnd ansteigen oder sinken. Steigt der Druck z. B. in den Blutkapillaren, durch Erhöhung des Blutdrucks oder durch Erweiterung der zuführenden Gefässe durch Nervenein-



Druck in dem umgebenden Gewebe, so findet Filtration aus den Kapillaren in die Gewebe statt. Das Umgekehrte wird der Fall sein, wenn sich die Spannung in den Kapillaren vermindert unter den Werth der Gewebsspannung. Bei der Absonderung der Galle darüber interessante Beobachtungen angestellt, die sehr leicht zu bestätigen sind. Der Abfluss der Galle in den Gallengefässen nicht gehindert, der Druck in denselben Kapillaren nur sehr gering ist, findet eine Ausscheidung von Galle (Filtration) aus dem Lebergewebe in die Gallkapillaren statt; staut sich dagegen die Galle in den Gallgefässen durch Behinderung des Abflusses an, sodass der Druck in ihnen bis zu einer gewissen Höhe, 20 C.M. Wasserhöhe (HEIDENHAIN) bei Meerschweinchen ansteigt, so tritt nun die Galle in das Leberparenchym zurück. Der Druck kann auf der einen Seite auch relativ erhöht werden, dass er auf der anderen Seite absinkt (Saugdruck). Durch Kontraktions- und Diffusionsvorgänge setzen sich die Spannungen in den Gefässkapillaren und im Gewebe mehr oder weniger vollkommen ins Gleichgewicht. Mit der Steigerung der Spannung in den Kapillaren steigt auch die Spannung (durch Flüssigkeitsaufnahme) in den umliegenden Geweben. Wird nun der Druck in den Kapillaren vermindert unter den entspre- chenden Einflüssen, die wir oben für die Erhöhung der Spannung namhaft machten (Verminderung des allgemeinen Blutdrucks, Reizung der vasomotorischen Nerven [Kälte]), so tritt eine Druckausgleichung im entgegengesetzten Sinne, vom Gewebe in die Kapillaren ein. In den Zotten des Darms werden wir eigentliche Saugeinrichtungen kennen lernen, die wie ein aufgesetzter Schröpfkopf durch lokale Aufhebung (Verminderung des Luftdruckes) Flüssigkeiten einsaugen. Abnahme der Gewebsspannung aus inneren Ursachen wird die Filtration aus den Kapillaren ebenfalls begünstigen. Im Allgemeinen, abgesehen von den Lebereigenschaften der Membranen, können wir aussprechen, dass die Filtration der flüssigen Flüssigkeit steigt mit der Zunahme des Druckunterschiedes und sinkt ab.

Filtration hat in so fern eine sehr grosse Aehnlichkeit mit der Imbibition und Hydrophilie, dass auch hier zunächst nur Flüssigkeiten der Durchtritt gestattet wird, in welchen die betreffenden Membranen, durch die filtrirt werden soll, bestehen. Bei lebenden Membranen tritt also hier wieder die ganze Mannigfaltigkeit der Einwirkungen auf die Imbibition in Wirkung, und das Filtrationsgesetz lebender Membranen ist im Wesentlichen das gleiche wie das oben aufgestellte Imbibitions- gesetz (J. RANKE).

Bei toten Membranen, z. B. Magen- oder Darmschleimhaut, filtriren indifferenten Flüssigkeiten mit grosser Leichtigkeit. Als indifferente Flüssigkeiten sind zu nennen: Brunnenwasser, 4% Chlornatriumlösungen, neutrale Zuckerlösungen. Diese indifferenten Lösungen können (von der Epithelseite) nicht durch lebende Membranen, sie filtriren nicht durch lebende Epithelien. Dagegen filtriren durch lebende Epithelien: destillirtes Wasser, schwach saure und schwach alkalische Flüssigkeiten, z. B. 4% saures schwefelsaures Natron, 4% kohlensaures Natron, 4 pro mille Salzsäure. Starke Säuren, z. B. 4% Salzsäure, werden weder durch lebende noch todtte Schleimhäute. Mit Ausnahme der 4% Chlorkalium- lösungen dringen in die Epithelien der Magen- und Darmschleimhaut dieselben Stoffe zu- ein, die wir auch mit rasch schwächender Einwirkung auf die Lebensenergie in Muskel und Nerve eindringen sehen. Wir sehen sonach auch bei diesen Epithelien eine Resistenz gegen das Eindringen physiologisch indifferenter Stoffe. Durch die Ein- wirkung, lebenden Epithelien passiren nur solche Flüssigkeiten, welche eine physiologisch schädliche Wirkung auf dieselben ausüben, welche die Lebensenergie ihres Protoplasmas herabsetzen (J. RANKE und HALENKE). So werden alle die Vorgänge der Aufnahme und Abgabe von Stoffen durch die Epithelien und Zellen, die man sich gern als rein physikalische Vorgänge dachte, im Organismus in physiologischer Weise modificirt.

Bei der Filtration können gewisse Stoffe wie durch Diffusion von einander getrennt werden. Bei geringerem Drucke filtriren nur wahre Lösungen, Lösungen von Krystalloiden, während die unächten Lösungen gequollener Substanzen (Kolloidsub-

stanzen), wie Eiweiss, Stärke, Gummi, nicht hindurchtreten. Letztere thun steigendem Druck, doch immer in kleinen Mengen. So kann Eiweiss bei sehr hohem Druck in den Nierenkapillaren im Harn erscheinen (?); der gewöhnliche physiologische Vorgang ist jedoch theilweiser Mangel der Harnkanälchen-Epithelfiltration regulirt.

Zu diesen Komplikationen der Diffusions- und Filtrationsvorgänge kommt hinzu, dass der Durchtritt der Flüssigkeiten nur nach bestimmten Richtungen geschieht. Nach den Beobachtungen von MARTEUCCI und CIMA soll das endosmologische Gesetz für dieselben Membranen wechseln, je nachdem man die eine oder die andere Seite der Membran der Salzlösung gegenüber setzt. Für die Filtration kann man bei Leber und Darmschleimhaut die Ungleichheit des Filtrationsvorganges leicht nachweisen, indem man die Epithelseite oder die Aussenseite der filtrirenden Flüssigkeit darstellt. Man hat an dem Schalenhäutchen der Eier, welches mikroskopische Poren besitzt, dass es nur nach einer Richtung den Flüssigkeiten den Durchtritt gestattet, die von aussen nach innen gehen leicht hindurch, wenn sie von der Schalen- zur Eiweissseite hindurchgehen, gar nicht in umgekehrter Richtung. Es müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die oben für die Imbibition angedeuteten, welche ventilartig die Poren nach einer bestimmten Richtung abschliessen. Wie mannigfach mögen analoge Einrichtungen in anderen Membranen sich finden. Vielleicht zeigt jede Zellenmembran ein analoges Verhalten, so dass den austretenden Stoffen andere Widerstände als den eintretenden entgegenstehen. Dass es sich bei diesen Ventilen wenigstens zum Theil um Elasticitätswirkungen handelt, geht aus unseren Beobachtungen an den Schalenhäuten hervor. Die Schleimhäute, welche die Epithellage nach aussen, auf der Luftseite, abgrenzen, verhalten sich wie gesagt stets und alle Flüssigkeiten. Giesst man auf eine so an den Grund befestigte Membran Flüssigkeit in höherer Schichte auf, so tritt eine mehr oder weniger starke Ausbuchtung der Membran ein, sie wird nach aussen hervorgewölbt. Man scheint zu lernen, dass zuerst an einzelnen Punkten kleine Tropfen hervortreten, die an Grösse zunehmen, die übrigen Schleimhautstellen sind dann noch ganz flach und nach erst fliessen die Tropfen zusammen und fallen ab. Der Durchtritt der Flüssigkeiten statt, an denen Lücken zwischen den Epithelzellen, hauptsächlich an den Stellen, an denen erfolgende Ausbuchtung der Membran, entstanden sind, oder schon vorher zufällige Verletzung vorhanden waren. Gerade umgekehrt ist das Verhalten, wenn die Epithellage nach innen befindet. Hier werden durch den Filtrationsdruck die Epithelzellen nicht auseinander gezerrt, wie im ersten Fall, sondern, wie die Überlegung lehrt, zusammengepresst. Der Erfolg muss der sein, dass auch die Lücken der Epithellage dadurch verschlossen werden. Da sich die lebenden Zellen indifferenten Flüssigkeiten nicht imbibiren, so konnte in keinem der angeführten Fälle eine Filtration indifferenten Lösungen durch die lebende Epithelschichte in die gleiche Richtung beobachtet werden.

Im Allgemeinen sehen wir, dass Flüssigkeitsbewegung von einer Zelle zu einer anderen stattfinden aus Ursachen, die nicht der Willkür des Organismus unterworfen sind, sondern dahin, wo sich eine Differenz in der Concentration einer Zellenflüssigkeit anzeigt. Ein Stoff, der die entstandenen Ungleichartigkeiten im Bilde wieder auszugleichen soll, wird durch Diffusion ein Saftstrahl zwischen den Zellen. So wird die Flüssigkeitsbewegung zu dem Hauptfaktor, welcher die normale Zellenkonstitution aufrecht erhält. Es kann in keiner Zelle sich abnormer Wasserstoff anhäufen, ohne dass er durch gesteigerte Diffusion zwischen der lebenden Zelle und den nachbarlichen Zellen oder Gewebsflüssigkeiten ausgewaschen würde.

Aus Allem geht aber hervor, dass wir auch in Beziehung auf Hydratdiffusion Fälle so einfacher Natur sind, die unendliche Mannigfaltigkeit, in der sie sich im thierischen Organismus betheiligen, kaum zu ahnen vermögen.



## Gasdiffusion und Absorption im Organismus.

lebenden Organismus, in der Zelle, finden die vitalen Thätigkeiten nur unter ungewirkung des Sauerstoffs statt, der den Zellen theils gasförmig, theils lose gebunden (Hämoglobin) zugeführt wird. Auf der anderen Seite kann das organische Leben bestehen, wenn nicht die durch die physiologische Oxydation entstehende Kohlensäure ständig entfernt wird, da sie für die Gewebe eines der heftigsten Gifte ist. Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff sind die beiden wichtigsten Gase, die bei dem organischen Leben der Pflanze als des Thieres in Betracht kommen. Ausserdem entfernt sich aus dem Organismus, wenn er sich nicht in Wasser befindet (z. B. Fische), auch fortgesetzt eine kleinere oder geringere Menge von Wasserdampf, es tritt Stickstoff in ihn ein und in den Därmen entstehen aus Gährungsvorgängen noch Kohlenwasserstoff und Wasserstoff. Ueber andere Gase und ihr Verhalten zum thierischen Organismus werden wir im Verlaufe einer speciellen Darstellung noch kommen.

Der Wechselverkehr des Organismus mit Gasen beruht zunächst auf den Gesetzen der Diffusion und Absorption der Gase, doch finden sich auch hier Ausnahmeverhältnisse im lebenden Organismus, welche die anorganische Gesetzmässigkeit zum Theil ver-

ändern. Wir bezeichnen mit dem Worte Gasdiffusion den Vorgang des Ineinanderströmens zweier in freie Verbindung gesetzter Gasmassen. Ihr schliessliches Resultat ist das gleiche wie bei der Hydrodiffusion, es entsteht ein gleichmässiges Gemenge hier von Gasen, dort von Flüssigkeiten. Gase, die in ein Vacuum einströmen, füllen dieses vollkommen und gleichmässig aus, dasselbe ist der Fall, wenn in dem Raume, in welchen ein Gas einströmt, ein anderes Gas enthalten war, wenn beide Gase sich nicht chemisch beeinflussen. Verschiedenen, nicht chemisch auf einander wirkenden Gase verhalten sich, als wären sie einander gar nicht vorhanden; ein Raum, welcher von einem indifferenten Gase erfüllt ist, verhält sich für ein anderes, als wäre er ein Vacuum.

Die Menge des einen Gases in dem gegebenen Raume gross oder klein sein, oder wie man zu sagen pflegt, mag der Gasdruck für das eine Gas eine beliebige Höhe besitzen, ein anderes Gas sich doch in dem Raume noch ebenso verbreiten, als wenn er vollkommen leer wäre. Unsere Luft ist aus Sauerstoff und Stickstoff zusammengesetzt, gerade so wie die durch die Athmung der thierischen Organismen zugeführte Kohlensäure vermischt vollkommen in ihr, sodass sie überall in gleichem, sehr geringen Procentverhältniss gefunden wird, wo nicht durch lokale Produktion eine momentane Anhäufung stattfindet, die sich jedoch möglichst rasch ausgleicht. Der Gasdruck, den der Sauerstoff ausübt, der Sauerstoffdruck ist ein weit grösserer als der der Kohlensäure, der Sauerstoff steht also in weit bedeutender Menge in der Atmosphäre vorhanden; die Kohlensäure steht also in einem geringeren Druck ihrer eigenen Masse: der Kohlensäuredruck ist, entsprechend der geringeren Menge Kohlensäure in der Atmosphäre geringer als der Sauerstoffdruck. Gase streben danach, in einem gegebenen Raum, z. B. in der ganzen Atmosphäre unter gleichem Druck zu stehen, überall also, wo momentan eine zufällige Anhäufung eines Gases stattfindet, tritt das Diffusionsbestreben in Wirksamkeit, welches nach längerer oder kürzer Zeit zu einer völligen Ausgleichung des Druckes des betreffenden Gases, zu einer gleichmässigen Mischung desselben mit den übrigen Gasen führt. Das Gesetz, nach welchem die Diffusion der Gase stattfindet, ist sehr einfach: Die Geschwindigkeiten, mit welchen verschiedene Gase unter gleichen Umständen (gleichem Druck) durch eine sehr feinporöse Scheidewand ins Leere oder in andere Gase diffundiren, verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der Gase.

Gerade so wie Gasarten in Räume einströmen, die scheinbar schon von einem anderen Gase eingenommen sind, so strömen sie auch unter Umständen in die Molekularinterstitien

von Flüssigkeiten ein, ohne dass dazu eine chemische Verwandtschaft zwis-  
 Flüssigkeit erforderlich wäre. Ebenso wie ausserhalb so üben auch innerhalb  
 keiten die Gase keinen Druck aufeinander aus, sodass in dieselbe Flüssigkeit  
 Anzahl von Gasen gleichzeitig einströmen kann.

Wenn zu diesem Eindringen der Gase in Flüssigkeiten auch keine eigent-  
 Verwandtschaft gehört, so ist dabei doch eine gewisse Attraktion der Flüssig-  
 Gasmolekülen unverkennbar. Wir treffen bei der Lösung der Gase in Flüssig-  
 sorption, analoge Gesetze wie wir sie bei der Lösung fester Körper in Flüs-  
 den. Jede Flüssigkeit absorbiert bei konstanter Temperatur von einem bestimm-  
 bestimmtes Volumen, die Volumina, welche eine Flüssigkeit bei gleicher Tem-  
 verschiedenen Gasen zu absorbiren vermag, sind sehr verschieden. Das ab-  
 volumen wechselt je nach der Temperatur der absorbirenden Flüssigkeit. Wie  
 Lösung der festen Stoffe die gelöste Menge gewöhnlich steigt mit der Temper-  
 sungsmittels, sehen wir bei den Gasen den umgekehrten Fall; mit der steigen-  
 ratur wird die Absorptionsfähigkeit der Flüssigkeiten fast immer geringer, es  
 Ausnahme bildet bei höheren Graden wie es scheint nur der Wasserstoff. Bei  
 ratur von  $100^{\circ}\text{C}$ . ist das Wasser nicht mehr im Stande, irgend ein Gas in sich  
 sein Absorptionsvermögen ist dann  $= 0$ .

Man bezeichnet als »Absorptionskoeffizient« diejenige Menge von Gas,  
 Flüssigkeit, die frei mit dem zu absorbirenden Gas communicirt, aufzunehm-  
 Die Absorptionskoeffizienten sind, wie gesagt, für jede Flüssigkeit und jedes  
 jede Temperatur verschieden. Nach den Beobachtungen von BEZEL absorbirt  
 einheit Wasser bei verschiedenen Temperaturen Kohlensäure, Stickstoff und  
 in folgenden Mengen:

Gasart:	Temperatur:	Aufgenommenes Volumen:
Kohlensäure	$0^{\circ}$	1,7967
	$20^{\circ}$	0,9046
Kohlenoxyd	$0^{\circ}$	0,032874
	$20^{\circ}$	0,02035
Stickgas	$0^{\circ}$	0,01401
	$20^{\circ}$	0,0114
Sauerstoff	$0^{\circ}$	0,02838
	$20^{\circ}$	0,0463
Wasserstoff	$0^{\circ}$	ebensoviel bei hohen

Der Absorptionskoeffizient ist von dem Drucke des Gases unabhängig.  
 Drucke nimmt dieselbe Flüssigkeit das gleiche Gasvolumen auf. Nach der  
 Mariotte'schen Gesetze steigt die Dichtigkeit — das spezifische Gewicht — des  
 mit dem auf ihnen lastenden Druck; daraus folgt nach dem mitgetheilten Absor-  
 dass die aufgenommenen Gasgewichte direkt mit dem Druck, unter welchem die  
 geschieht, wachsen. Die aufgenommenen Gasvolumina bleiben sich unter je-  
 gleich, doch wiegt bei höherem Druck das gleiche Volumen entsprechend  
 weniger hehem.

Die in Flüssigkeiten absorbirten Gase verlieren nicht ihr Diffusionsbestre-  
 wir eine mit Gas bei einem bestimmten Gasdruck gesättigte Flüssigkeit, z. B.  
 Kohlensäure in einen geschlossenen Raum, der mit einer anderen Gasart, z. B.  
 gefüllt ist, so diffundirt die Kohlensäure aus dem Wasser in den vom Wasser ein-  
 neuen Raum. Es wird so lange Kohlensäure aus dem Wasser wegehen, bis die  
 innerhalb der Flüssigkeit die Vertheilung der Kohlensäure der Gesamtmenge  
 säure, dem Kohlensäuredruck entspricht. Dafür wird aber auch Wasserstoff in  
 hindringen bis auch er dem Drucke — dem Wasserstoffdrucke — entspre-  
 halb und innerhalb der Flüssigkeit vertheilt ist.

Das Entweichen eines absorbirten Gases geschieht also dann, wenn die Spate  
 Gases, also z. B. der Kohlensäure in dem über der Flüssigkeit befindlichen Raum

Wenn die Flüssigkeit, welche bei einem bestimmten Gasdruck — Kohlensäuredruck sich gesättigt hatte, mit einem Raum in Verbindung gebracht wird, in welchem das Gas unter einem geringeren Drucke steht, als der war, unter welchem die Abstattand, so wird Gas abgegeben.

In der Zelle, in dem thierischen Organismus findet der Gasverkehr meist durch Scheidewand durch statt, durch Zellenmembranen, Wände der Kapillargefässe. Diese organischen mit Flüssigkeit getränkten Scheidewände setzen dem Gasstrom vom Gas in die Flüssigkeit und umgekehrt keinen merklichen Widerstand entgegen.

Animalen Flüssigkeiten communiciren durch die genannten zarten feuchten Membranen direkt mit den Gasen der Atmosphäre. Diese ist zusammengesetzt aus 21 Volumen Sauerstoff und 79 Volumprocenten Stickstoff und aus Spuren von Kohlensäure.

Nehmen wir uns die fragliche Flüssigkeit zunächst gasfrei, so werden die beiden Haupttheile der Atmosphäre je nach ihrem Absorptionskoeffizienten und dem Druck, unter dem sie stehen, in dieselbe eindringen. Der Sauerstoffdruck verhält sich zum Stickstoffdruck : 79 (das Verhältniss, in welchem die Gase in der Luft gemischt sind). Nehmen wir das Absorptionsvermögen der thierischen Flüssigkeit gleich der des Wassers für die beiden Gase, was sich von der Wahrheit kaum entfernt, so würde sich, da der Absorptionskoeffizient des Sauerstoffs beinahe doppelt so gross ist als der des Stickstoffs, der Sauerstoff zu dem Stickstoffgehalt in der Flüssigkeit verhalten wie 34,94 : 65,09.

Das angegebene Verhältniss der beiden Gase findet sich in dem mit der Atmosphäre in Zeit schon frei communicirenden Wasser der Flüsse, Seen etc., sodass demnach die Thiere eine relativ an Sauerstoff reichere Luft athmen als die Luftthiere.

In der Kohlensäure der Atmosphäre könnte unter normalen Umständen in die kohlenstoffreiche Zellenflüssigkeit nur entsprechend der minimalen in der Luft enthaltenen Menge aufgenommen werden. Wir haben die Zellenflüssigkeit sowie das Blut als einen Herd der Kohlensäureproduktion erkannt; die in der Zellenflüssigkeit verbrannten kohlenstoffhaltigen Substanzen häufen primär ihre gebildete Kohlensäure in dieser auf. So ist also unter den Verhältnissen der Kohlensäuredruck — entsprechend der Kohlensäuremenge — in der Zelle weit grösser als ausserhalb derselben. Es wird deshalb normal keine Kohlensäure aus der Luft in die Flüssigkeit aufgenommen werden können, sondern es wird vielmehr die Kohlensäure aus dieser diffundiren, um sich mit der Kohlensäure der Luft in das Gleichgewicht der Spannung zu setzen. Das Gleiche ist mit dem Wasserdampfe der Fall.

Es fällt demnach der Gasverkehr der Flüssigkeiten des Organismus mit der Atmosphäre dem Gesetz der Diffusion und Absorption in zwei Theile:

1. Nimmt der Organismus aus der Luft auf: Sauerstoff und Stickstoff;

2. Und scheidet dafür aus: Kohlensäure und Wasserdampf.

Wie sich, wie sich uns in der Folge ergeben wird, nur die Aufnahme des Stickstoffs und die Abgabe von Wasserdampf ganz, die Abgabe der Kohlensäure — die sich manchmal, wenn die Atmosphäre mehr Kohlensäure als die betreffende thierische Flüssigkeit enthält, in einer Kohlensäureaufnahme, an der der Organismus rasch zu Grunde geht, verwandelt — zum Theile reine Gasdiffusionsvorgänge. Die Aufnahme des Sauerstoffs z. B. in der Luft geschieht nur zu einem verschwindend kleinen Antheil aus diesem Grunde, die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs wird durch eine eigenthümliche Attraktion des Sauerstoffs der Blutkörperchen herbeigezogen.

Die aufgenommene Sauerstoffmenge ist danach von den Absorptionsgesetzen unabhängig und weit grösser in thierischen Flüssigkeiten, welche sauerstoffanziehende Substanzen (Blutkörperchen) enthalten, als er ohne diese sein würde.

Die Ausscheidung der Kohlensäure erfolgt nicht allein nach den Gesetzen der Diffusion der Gase. Es betheiligen sich an diesem Vorgange ebenfalls chemische Einflüsse, die eine aktive Austreibung darstellen, die wir bei der speciellen Betrachtung der Athmung zu besprechen haben.



## Wechselwirkung der Kräfte im Organismus.

Wir haben das Leben der Zelle als eine Funktion sehr compliciert, die wir am nächsten dreier wesentlich verschiedener Grössen kennen gelernt.

Die Form und Molekularstruktur der Zelle,  
ihre chemische Mischung,  
die physikalischen Eigenschaften ihrer Stoffe

sind die drei Faktoren, aus denen das spezifische Zellenleben hervorgeht.

Die Wissenschaft ist noch weit davon entfernt, den mathematischen Ausdruck für diese Funktion aufstellen zu können.

Im letzten Grunde ist das Problem des Zellenlebens, wie des Lebens überhaupt ein Problem der analytischen Mechanik.

Für jetzt sind kaum die ersten Vorarbeiten geliefert zu einer Mechanik der Zelle, welche die einfachen Gesetze construiren muss für das Leben des Organismus in analoger Weise, wie es gelungen ist, das Leben des Kosmos in der Mechanik des Himmels darzustellen.

Vielleicht ist die Aufgabe hier kaum schwieriger als sie dort gewesen ist. Die Mannigfaltigkeit der Beziehungen ist vielleicht in beiden Gebieten wesentlich verschieden. Jene Mannigfaltigkeit entwirrt sich nach einer Richtung, deren Einfachheit nicht grösser gedacht werden könnte. Die Physik hat noch ihres KEPLER und NEWTON, der das einfache Gesetz des Lebens in der unmittelbaren Berührung wirkenden Kräften der Anziehung und Abstoßung erkennt.

Für jetzt sind die Beziehungen, die wir in der Zelle, im Organismus sehen, für unser Fassungsvermögen noch sehr complexer Natur, als in der anorganischen Welt. In den Vorgängen der lebenden Natur gelingt es, sie vollkommen zu erfassen. In den Vorgängen der lebenden Natur kommen dieselben Naturgesetze und Kräfte zur Geltung, wie in der anorganischen Welt. Fast überall, wo man diesen allgemein anerkannten Gesetzen seine Richtigkeit im Einzelvorgange prüft, findet sich aber, dass das anorganische Gesetz im lebenden Organismus unter ganz eigenthümlichen Umgebungsbedingungen in Erscheinung tritt, welche es in der wesentlichen Form für die Lebensvorgänge umgestaltet.

Versuchen wir einige Einflüsse der Zellenform auf das Leben darzustellen.

Wo an einer bestimmten, umgrenzten Stelle durch die Zellenhülle eine organische Leistung hervorgebracht werden soll, wo es gilt an einem bestimmten Ort chemische Lebenswirkungen zu entfalten: Stoffe zu lösen, chemische Verbindungen zu ändern, um sie für die Zwecke des Organismus verwendbar zu machen, unbrauchbar gewordene Substanzen lokal zu entfernen (wie in den Dünndarmgängen sehen wir die meist, wenigstens in späteren Lebensstadien, mit einer geschlossenen Membran umgebene, rundliche Zelle in Thätigkeit).

Wo die Lebensthätigkeit der Zelle nicht direkt auf den Ort, welcher die Wirkung nimmt, beschränkt bleiben soll; wo Wirkungen auf weit abgelegene Stellen von einem Centrum aus nothwendig werden, genügt die rundliche, abgeplattete Zellenform nicht. Für die Lebensfunktionen des Nervensystemes sehen wir die Zellengestalt zu den eigenthümlichen Nervenzellen verändert, die selbst

ihre Verbindungsfäden, die Nervenfasern, von mikroskopischer Fein-  
 mikroskopischer Länge nach den verschiedenen Richtungen aussenden,  
 denen Organe mit sich und unter einander verbinden und dadurch  
 ein Netzwerk herstellen, in dessen Bahnen die höchsten thierischen Funktio-  
 nen Empfindung und Bewegung vermittelt werden.

Mechanischen Kraftleistungen der Zellen beruhen auf Gestaltveränder-  
 des Inhaltes, denen die elastische Zellmembran, wenn eine solche vor-  
 sich anschmiegt. Viel mehr Zellen, als man früher geglaubt hatte,  
 Vermögen der aktiven Gestaltveränderung; wir sahen, dass man dieses  
 gemeine Eigenschaft des Protoplasma betrachten muss. Aber nur bei  
 Zellen wird dieses Vermögen der Kontraktion zu einem Grunde für  
 bedeutendere Gestaltveränderung der Gewebe oder gar zur Ursache der  
 Bewegung des gesamten Organismus, bei denen die Gestalt eine solche ist,  
 ihre Veränderung nach irgend einer Richtung bedeutendere Effekte  
 hervorzubringen.

Die Gestalt der Muskelzellen steht mit ihrer mechanischen Lebensaufgabe in  
 einem Zusammenhang. Die langgestreckte, bandähnliche Form, die durch  
 Kontraktion in eine annähernd kugelige verändert wird, ist sicher am besten  
 angepasst, um Zug- und Druckwirkungen in weiterer Ausdehnung zu entfalten. Da-  
 durch können Muskelzellen sich der Länge nach reihenweise aneinander schliessen,  
 und eine gleichzeitige Kontraktion der an sich mikroskopischen Gebilde einen  
 sichtbaren Effekt. Bei den quergestreiften Muskelfasern wird  
 durch die jener lange, fadenähnliche Körper, der Muskelprimitivcylinder, der  
 die Bewegungen des Gesamtkörpers vermittelt.

Man liess sich noch eine Reihe solcher Formbeziehungen zu den Lebens-  
 aufgaben in den Zellen auffinden.

Man mannigfaltiger sind die Beziehungen der chemischen Mi-  
 schungen auf das Zellenleben.

Es scheint die chemische Zusammensetzung in allen aus der Eifurchung  
 hervorgehenden Zellen die gleiche zu sein. Erst dadurch, dass der entstehende  
 Zelle seine gleichartigen Bausteine zu verschiedenen Zwecken benützt,  
 und den einen mechanische Leistungen bei der Herzkontraktion verlangt,  
 oder anderen nur Fortpflanzung und Sekretion, die allgemeinen Zellenthätig-  
 keiten ein Gegensatz in den chemischen Verhältnissen der verschiedenen  
 Zellen entsteht. Je nach ihren Leistungen sehen wir andere Oxydationsprodukte in  
 der Zelle auftreten.

Die Produkte der Zellenoxydation sehen wir (J. RANKE) nun die wichtigsten  
 auf das Zellenleben äussern. Sie wirken ähnlich wie die besprochenen  
 Bestandtheile der Zelle. Sie verändern die Reaktion des Zellensaftes,  
 ihn alkalisch, sauer oder neutral und geben so Veranlassung, dass die-  
 ses chemischen und physikalischen Agentien nun in den verschiedenen Zellen  
 verschiedene Wirkungen entfalten. Die wahren Gährungserscheinungen, die einen  
 bestimmten Verlauf nehmen je nach der Reaktion der Flüssigkeit, in der sie  
 stattfinden, die sich dadurch nicht nur in ihrer Intensität, sondern auch in ihrer  
 Art ändern, können als Beispiel dienen, um sich die in den Zellen obwal-  
 tenden Verhältnisse zu veranschaulichen. Aber auch in anderen Beziehungen  
 durch individuelle Verschiedenheiten in dem Zelleninhalte gesetzt. Die



Lebensenergie der Muskelzelle stehen in einem umgekehrten Verhältnis Menge der in ihr enthaltenen Milchsäure, die wir als ein Zersetzungsprodukt derselben kennen gelernt haben. Die Kohlensäure, das allgemeinste Produkt der organischen Oxydation läßt, wenn sie sich in grösserer Menge ansammelt, die Thätigkeiten der Nervenzellen und setzt die Intensität der Lebensvorgänge in den Muskelzellen herab. Der Harnstoff, welcher sonst für alle Zellen ein verhältnismässig indifferentes Stoff ist, wirkt nur auf eine ganz kleine Gruppe von Nervenzellen im Gehirn, welche die Uebertragung sensibler Reize auf die Muskeln bewerkstelligen, und zwar in der Art, dass keine solche Uebertragung mehr stattfinden kann.

Diese und ähnliche Beobachtungen geben uns den Beweis dafür, dass die Lebensenergie der Zellen direkte Funktionen ihrer chemischen Zusammensetzung sind. So wie sich die chemische Mischung des Zellensaftes in verschiedener Weise ändert, sehen wir auch die Intensität der Lebensenergie der Zelle sich ändern.

Eine äusserst wichtige Beobachtung, welche uns Fingerzeige für die Theilung mancher normaler und krankhafter Lebensvorgänge gibt, ist die, dass die Zellen verschiedenen Stoffen gegenüber sehr verschieden reagieren. Manche Stoffe sind für alle Zellen wie es scheint in weiteren Grenzen indifferent, andere Stoffe üben nur auf ganz lokal bestimmte Zellengruppen eine Wirkung, während alle anderen Zellen durch ihre Anwesenheit nicht alterirt werden. Als ein Beispiel dafür kann der schon erwähnte Harnstoff mit seiner Wirkung auf das Reflexhemmungseentrum im Gehirn schliesslich die Hippursäure als gleich wirkend an. Die Gallensäure, welche mit Natron verbunden in so grosser Menge in der Leber gebildet wird, dass dort die Zellenfunktionen zu beeinträchtigen, lösen die Blutkörperchen aus dem Blut und den Muskel und das Nervensystem, wenn sie in grösseren Mengen in das Blut und von diesem aus an die genannten Organe gelangen.

Bei manchen Stoffen ist die Wirkung in der einen Zelle mit einer Verminderung der Lebensenergie, in der anderen mit einer Erhöhung derselben verbunden. So bei der Milchsäure und allen fixen organischen und unorganischen Säuren, welche den Organismus frei vorkommen. Sie setzen die Leistungsfähigkeit des Muskels herab, ermüden ihn und machen ihn durch ihre Anwesenheit endlich unfähig, sich zu kontrahiren und damit Arbeit zu leisten, während sie gleichzeitig die Erregbarkeit des Nervensystemes zunächst erhöhen.

Der Zusammenhang der Lebensenergie der Zelle mit ihrer chemischen Zusammensetzung geht aus diesen Beobachtungen mit aller Sicherheit hervor. Freilich ist mit ihnen erst der Weg gezeigt, auf welchem die Forschung ihre endlichen Ziele fortzuschreiten hat.

Der Zusammenhang der Lebensenergie der Zelle mit ihren physikalischen Eigenschaften der sie zusammensetzenden Stoffe ist in ähnlicher Weise nachzuweisen, wie es uns für die chemischen Eigenschaften in der gleichen Beziehung gelungen ist.

Wie innig sehen wir die Lebensvorgänge mit dem Austausch der Stoffe und Gase von Zelle zu Zelle und endlich in die Umgebung verknüpft. Das Leben der Zelle nimmt je nach der Intensität der fortwährend in



trischen Ströme seine eigenthümliche Richtung an. Die thierische zu allen animalen Vorgängen eine absolut nöthige Vorbedingung.

Molekularen Bau der Zelle sahen wir oben von dem entscheidendsten auf alle chemischen Vorgänge des Zellenlebens. Auch der gröbere Einfluss, wie aus den Beobachtungen hervorgeht, dass alle chemischen Lebensthätigkeiten der Zellen meist an die Anwesenheit des Zellkerns geknüpft sind. Ebenso glückt es uns leicht, Einwirkungen des Zellkerns auf die physikalischen Eigenschaften und der Zellform auf die Zellenform und vice versa zu entdecken.

Wir sehen durch die Diffusionsvorgänge beständig die Gestalt der Zelle wechseln. An Stelle diffundirbarer Stoffe, welche aus ihr heraustreten, tritt zuerst meist ein weit bedeutenderes Quantum Wasser in sich auf; sie dehnen sich dadurch an und verändert sich, wie man dies schon makroskopisch an Geweben sehen kann, in der Art, dass sie sich möglichst der Kugelform nähern strebt. Dass diese Gestaltveränderung auch auf die Nachbarezellen Einfluss ist, geht aus den Veränderungen der Zellenformen hervor, durch gegenseitigen Druck hervorgebracht werden. Diese Ausdehnung der Zellenmembran muss rückwärts wieder auf den Vorgang des Flüssigkeitswechsels in den Zellen von Einfluss sein; der von ihnen auf den Zelleninhalt ausgeübte Druck die Flüssigkeit direkt herauspressen, filtriren.

Auf diesem Wege haben auch die chemischen Veränderungen des Zellinhalts einen Einfluss auf die Zellengestalt. Durch die Oxydation in der Zelle werden leicht diffundirbare, krystallisirbare Substanzen gebildet, die durch Diffusion ausgewaschen werden und damit primär Wasser in die Zelle herbeiziehen.

Die Diffusion geht vollkommen Hand in Hand mit der chemischen Veränderung, da durch letztere dem physikalischen Vorgang die Möglichkeit seiner Bethätigung geschaffen wird. Auch die anorganischen Salze wirken auf die Zelle ein; man darf aber nicht übersehen, dass diese vielfältig in der Zelle gebunden vorfinden, schwer oder gar nicht diffundirbaren Stoffen z. B. Eiweissverbindungen, aus der sie erst durch die Zersetzung frei werden und dann erst ihr Diffusionsvermögen entfalten.

Auf die Leistung mechanischer Arbeit sehen wir auch die chemische Zusammensetzung bedingend. Wir wissen schon, dass der Muskel nicht mehr kontraktionsfähig ist, wenn er Milchsäure oder andere Säuren oder saure Salze (sauerer phosphorsaurer Kali), auch neutrale Kaligallensaurer Natron in sich angehäuft hat. In kleiner Menge reizt ihn die Milchsäure zur Kontraktion an (J. RANKE).

Die Elektricitätsentwicklung steht in einer analogen Abhängigkeit von chemischen Stoffen im Zelleninhalte. Der geruhte Muskel, der wenigstens wenig Zersetzungsprodukte in sich enthält, entwickelt sehr bedeutende elektrische Strömungserscheinungen. Durch die Anhäufung von Zucker in der Zelle, wie E. DE BOIS-REYMOND zuerst gezeigt hat — kann sich der elektrische Strom wenigstens in seinen Wirkungen nach aussen steigern; durch die Zugabe von Milchsäure (J. RANKE, RÖBER), gallensaurerem Natron, Kalisalzen wird der elektrische Strom sehr bedeutend geschwächt, unter Umständen sogar vernichtet. Die Regelmässigkeit der elektrischen Strömungserscheinungen

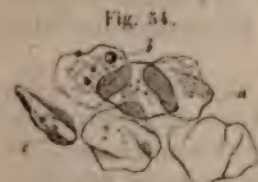
im Muskel und Nerven hängt von einem ähnlich regelmässigen Verhalten dieser Organe ab, der vielleicht auch in dem optischen Verhalten Ausdruck findet.

So zeigen sich uns also in Beziehung auf Form, chemische Zusätze und physikalische Vorgänge in der Zelle und mit ihr im Gesamtorganismus deutliche Zusammenhänge. Ueberall erkennen wir Wechselbeziehungen aller Lebenserscheinungen ein einfaches, einheitliches Gesetz. Vermutlich mag dieses Grundgesetz des Lebens aber lauten, vermögen wir nicht einmal zu ahnen.

### Der Tod der Zelle.

Wir haben nur noch mit wenigen Worten den Untergang des thierischen Organismus: der animalen Zelle zu betrachten, nachdem wir die Vorgänge des Lebens und der Kräfte, die auf dasselbe einwirken, kennen gelernt haben.

Schon in einer der ersten Betrachtungen wurde darauf hingedeutet, dass im Allgemeinen die Mehrzahl der einzelnen Zellen oder besser Zellengruppen einen Organismus eine bedeutende Lebensdauer besitzen. Von diesen sind vor allem die Epidermis- und Epithelzellen ausgenommen, welche während des Lebens des Gesamtorganismus einem regelmässigen Absterben unterliegen. Die obersten Lagen der verhornten Epithelien werden, nachdem sie fast ganz verhornt sind, mechanisch losgerissen und abgestreift, während in den unteren lebenden Schichten eine Neubildung von Zellen erfolgt, welche die obersten Zellenlagen wieder ersetzen (Fig. 34).



Abgestossene Epidermischichten der menschlichen Haut.

Ein ähnlicher Vorgang findet auch an den Epithellagen der Schleimhäute statt, z. B. in der Mundhöhle, wo man im Mundsaft stets abgeschuppte Epithelzellen findet. Der Schleim des Darmkanales, des Respirations-, des Harnapparates zeigt dieselbe normale Erscheinung von abgestossenen Epithelzellen. In den Darmkanälen ist die Abstossung theilweise ebenso mechanisch bedingt, wie an der Oberhaut, das Reiben der Darminhaltsmassen scheuert die Zellen ab. Theils beruht die Zellablösung auf der chemischen Einwirkung der Verdauungssäfte auf die obersten Zellschichten, was besonders im Magen nachgewiesen ist. Ueberall auf Schleimhäuten gehen die Epithelzellen jene eigenthümliche Veränderung ein, welche schliesslich zur Mucinbildung in ihnen führt, dann zur Zerstörung ihrer Zellmembran führt. Auf der Mucinmetamorphose der Epithelzellen beruht im Grunde alle Schleimbildung.

Ein Theil der in bestimmten Geweben gebildeten Zellen wird durch die Blutbahn in die Saftcirculation gebracht, wo die freien Zellen nach kurzer Lebensdauer zu Grunde gehen, indem immer neue Zellennachschübe eintreffen. Hier sind vor allem die in den Lymphdrüsen gebildeten farblosen noch unentwickelten Lymph- oder Blutkörperchen zu nennen, die zuerst im Blute zu reifen Körperchen werden und dann zu Grunde gehen.

Eine solche Losstossung einer Zelle ist auch die periodische Abstossung der Eizellen im Ovarium, welche beim menschlichen Weibe in der grössten Mehrzahl



erben der Eizelle führt ebenfalls nach gewissen eigenthümlichen Um-

theil der Drüsensekrete entsteht zweifelsohne durch den Zerfall der Epithelzellen, während ein anderer Theil durch Ausschwitzung aus den Follikeln folgt. Haben die Zellen eine Membran, z. B. Hodenzellen, so wird diese durch von innen oder Auflösung chemischer Art gesprengt und die Inhaltsstoffe damit frei.

Andere Zellen im Innern der Gewebe sehen wir dem allgemeinen Schicksal der Organismen verfallen. Vor allem sehen wir durch massenhafte Ansammlung von Fett im Protoplasma die Zellenthätigkeit gelähmt und die Zelle endlich in die Fettmetamorphose übergehen können alle Zellen jeder Körpergegend in solchen Fällen unterliegen. Durch Fettmetamorphose zerstört werden im Verlaufe der natürlichen Vorgänge die Zellen der

Muskeln. Bei den Muskelfasern des Menschen zeigt sich fast regelmässig eine mehr oder stärkere körnige Trübung des Protoplasmas, wodurch die Querstreifung aufgehoben wird. Die in der Schwangerschaft vergrösserten und wohl verglätteten Muskelfasern des Uterus durch dieselbe Umbildung nach der Geburt teilweise zu Grunde (Fig. 55, 56).

Die Zellen des geplatzten GRAAF-Follikels bei der Bildung des gelben Corpus luteum. Auch die Anhäufung grosserer Mengen von Pigmentstoffen in Zellen scheint unter Umständen herbeizuführen. Bei den weissen Blutkörperchen wird, wie es scheint, ihr Unter-

gang durch die Einlagerung des Hämatins eingeleitet, bei anderen Zellen, wie z. B. den Epithelzellen der Lungen-

durch Einlagerung von Abkömmlingen dieses Farbstoffs, z. B. Melanin. Auch die Einlagerung von Kalksalzen, von phosphorsauerem und kohlensaurem Kalk, führt schliesslich zum Zellenuntergange.

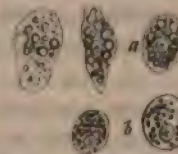
Am dem Tode des Gesamtorganismus, nach dem Ausschneiden von Organen zu theilen sehen wir als Leichenerscheinungen bestimmte Veränderungen in allen Zellen vor sich gehen, welche zuerst zum Auftreten einer sauren Reaktion im Protoplasma, wohl meist zunächst durch Milchsäurebildung führt. Wo keine fallbare Albuminmodifikationen (Myosin etc.) sich finden, werden diese spontan entstehende Säure niedergeschlagen wie im Muskel, in den Flimmerzellen etc. Dadurch verändern sich die physikalischen Eigenschaften dieser Zellen und Zellenabkömmlinge, sie verlieren ihre lebende Elastizität und werden starr: Leichenstarre. Das optische Aussehen verändert sich, das Albuminat, das anfangs gallertig und durchsichtig ist in der Folge in eine Trübung aus Körnchen die Durchsichtigkeit trübt. Dabei treten Gestaltsveränderungen in den Zellen ein: sie suchen sich alle mehr oder weniger kräftig der Leichenstarre zu nähern, wie an den gestreckten Muskelementen, so sieht man

Fig. 55.



Muskelfäden des Menschen in Fettdegeneration begriffen.

Fig. 56.



Entartungsformen thierischer Zellen. a Zellen des GRAAF'schen Follikels mit Fett erfüllt; b Epithelien der Lungenbläschen mit Pigmenteinfiltration.



dieses auch an allen mit lebender Kontraktilität ausgestatteten Zellen. Er verkürzt sich und wird dicker, der ausgeschnittene Wadenmuskel des Thiers wird vollkommen kugelig; die amöboide Zelle zieht ihre Fortsätze ein und annimmt die runde Gestalt an, welche die ältere Mikroskopie allein an ihnen kannte. Die Leberzellen platten sich dagegen durch wechselseitigen Druck eckig ab.

In anderen Organen im Magen z. B. treten rasch noch weitere Veränderungen ein. Durch das Auftreten der Säure in den absterbenden Theilen des Magens kommt das in den Labzellen im Drüsengrunde aufgespeicherte Magensaft zur Wirkung, und die Selbstverdauung, welche im normalen Leben die äusserste Oberfläche des Magens ergreifen konnte, schreitet in die Tiefe fort und zerstört die Magenwände, Leber, Eingeweide wenigstens Theile, welche vorhin durch alkalische Reaktion ihrer Gewebsflüssigkeiten vor der Selbstverdauung geschützt waren.

Auf die Leichenstarre folgt mehr oder weniger rasch die Fäulniss der animalen Gebilde. Sie charakterisirt sich durch Auftreten ammoniakalischer Zersetzungsprodukte in der todtten Zelle. Dadurch wird die Säure derselben neutralisirt, dann übercompensirt, die gefällten Eiweisskörper lösen sich auf, die Leichenstarre löst sich.

Die erste Fäulnissveränderung der kontraktilen Substanz der Muskeln ist das nähere Aneinanderrücken der Querstreifen, wodurch die Querstreifung undeutlicher wird (FALK). Zuerst ist die Faser wie körnig bestäubt, schliesslich findet ein wahrer Zerfall statt. Die Körnchen zeigen Fettglanz, doch bestehen sie nur theilweise aus Fett. Im weiteren Verlaufe scheint aber eine vollkommene postmortale Fetidegeneration und Wachsbildung einzutreten, welche an Stelle des Muskel Ammoniakseifen erzeugt. Die Querstreifung geht in eine Längstreifung über. Die Muskelkerne schrumpfen, das Kernkörperchen und verschwinden endlich ganz. Auch das Sarkolemma, welches sonst so resistent gegen chemische Einwirkungen ist. Nach den Erfahrungen der gerichtlichen Medicin scheint das Gewebe der glatten Muskelfasern (Uterus) viel resistenter zu sein als das der quergestreiften.

Die Blutkörperchen werden immer kleiner und kleiner, sie verlieren die Fähigkeit, aneinander zu haften, werden dann zu dunklen Körnchen, die sich schliesslich zu weissen Körperchen sind, was man besonders an leukämischem Blute sehr deutlich sehen kann (J. RANKE). resistenter als die rothen. Wenn letztere ganz gelöst sind, können die weissen noch unversehrt sein. Endlich schwindet der Kern und auch sie verflüssigen sich. Die Leberzellen verändern sich später als die rothen Blutzellen und die Muskelfasern. Sie schwinden die Kerne, die Zellen werden trüb mit Körnchen dicht erfüllt; sie werden rundlich oder oval und lösen sich in Körnchenmassen auf, in die man sie schon bei der Leichenstarre verwandelt findet, ehe die Lebergestalt im Grossen und Ganzen zerstört ist.

### Schlussbetrachtung.

Nachdem wir im Allgemeinen die Gesetze kennen gelernt haben, welche die Einwirkung der Lebensvorgänge im einfachsten animalen Organismus, der Thierzelle sich regeln, werden wir nun, gestützt auf diese Erkenntnisse, die Betrachtung des complicirten animalen Organismus des Menschen auf den einfachsten Gang einschlagen können.

Wenn wir den Menschen (abgesehen von der Zeugung) nach seinen natürlichen Bewegungsvorgängen betrachten, so können wir ihn auffassen

maschine, eine Maschine, die durch ihre mechanischen Einrichtungen die Arbeit in Arbeit umsetzt, welche ihr von aussen zugeführt werden durch das Kraftmittel, aus denen sie ihre einzelnen Maschinentheile und die Flüssigkeiten bildet, die zur Erhaltung und Kraftproduktion der letzteren nothwendig sind.

In dieser Beobachtungsweise werden wir bei der Beschreibung des Baues der Verrichtungen des menschlichen Organismus zweckmässig denselben Weg gehen können, nach dem man in der Mechanik eine Maschine und ihre Wirkweise beschreibt. Am meisten Aehnlichkeit hat die Maschine des menschlichen Organismus mit den (höheren) animalen Körpern mit den kalorischen Maschinen unserer Technik, bei denen auch chemische Spannkraft durch Verbrennung von kohlenstoffreichen Stoffen geliefert, in mechanische Arbeit umgesetzt werden. Bei der Beschreibung einer derartigen Kraftmaschine und ihrer Leistungen werden wir zuerst die passiv bewegten Theile von den aktiv bewegenden unterscheiden, und haben dann noch weiter zu fragen, in welcher Weise den Theilen die Kräfte zugeführt werden, welche sie in äussere Arbeit umsetzen.

Die mechanischen Einrichtungen des menschlichen Knochengerüsts entsprechen den bei einer Maschine passiv bewegten Hebeln, Rädern und anderweitigen Übertragungsvorrichtungen, von deren Verbindungsart und Bau die spezifische Leistungsfähigkeit der Maschine bedingt ist. Die Fähigkeit zu den einzelnen Bewegungen und Arbeiten, die wir den menschlichen Gesamtorganismus versehen, beruht auf den mechanischen Bedingungen seines Skelettes.

Bei den Dampfmaschinen ist die Kraft, welche das complicirte Getriebe ihrer Arbeitsvorrichtungen in Gang setzt, eine linear wirkende Druck- und Zugkraft. Die lineare Auf- und Abwärtsbewegung des Stempels setzt sich in die verschiedenartigsten Bewegungen um. Auch durch die Hebelmechanismen des menschlichen Körpers werden einfach linearwirkende Zugkräfte, die lineare Verkürzung und Wiederverlängerung der Muskeln, in die mannigfachen Bewegungen umgesetzt, die er auszuüben vermag.

Bei den Dampfmaschinen wird der gespannte Wasserdampf dem Kolben zugeleitet und derselbe in Bewegung versetzt. Bei Verschluss der Leitungsröhre hört die Kolbenbewegung und damit die gesamte Maschinenbewegung auf, der Bewegungsantrieb und die zur Bewegung verwendbare Kraft mangeln.

Bei dem menschlichen Organismus sehen wir durch den Nerven den Bewegungsantrieb in ganz analoger Weise dem eigentlichen Arbeitsorgan, dem Muskel, zugeführt. Die Zuführung des Kraftmaterials erfolgt auf einer zweiten Leitung durch die Ernährungsgefässe. Hier treffen wir auf den ersten principiellen Unterschied zwischen den kalorischen Maschinen unserer Technik und dem animalen Organismus, der durch Zersetzung seiner Arbeitsapparate selbst sich Kraft zu liefern vermag.

Bei der weiteren Betrachtung des menschlichen Organismus als Bewegungs- und Arbeitsmaschine slossen wir nun zunächst auf die Frage, wodurch den Nerven der Bewegungsantrieb ertheilt wird, durch den sie die Muskeln in Aktion versetzen. Wir werden dadurch auf die Betrachtung der animalen Einrichtungen geführt, durch welche die Reize der Aussenwelt in Nerven-, Muskel- und Skelettorgane umgesetzt werden: die äusseren und inneren Sinnesapparate und deren Einrichtungen. Wir kommen dann zu der schliesslichen Hauptfrage, ob auch



durch innere centrale Vorgänge selbst (Wille) diese Bewegungen ausführen können, die wir in der Mehrzahl der Fälle aus äusseren Gründen sehen; wir werden auf diese Weise zu den letzten Problemen der Gehirneologie geführt.

Um den Modus und die Bedingungen für die Bewegung und Arbeit unserer animalen Maschine zu studiren, haben wir uns noch näher zu sehen, woher und wie die Kräfte geliefert werden, die wir von der Maschine nachverwendet sehen, und in welcher Weise sie in Stand erhalten wird.

Bei der kalorischen Maschine kommt hier das Heizmaterial und die Richtung zunächst in Betracht, durch welche letztere die bessere oder schlechtere Ausnützung der durch die Verbrennung erzeugten lebendigen Kräfte bedingt wird. Die Abnützung der Maschine durch die Arbeit erfordert Reparaturen, Ersatzung ausgebrochener Stücke etc.

In dem menschlichen Organismus dienen diesen verschiedenen Zwecken die Ernährungs- und Stoffwechselvorgänge. Eine grosse Anzahl der wichtigsten Vorgänge des menschlichen Körpers sind mit der Aufgabe der Stoffaufnahme, -abgabe und Stoffumwandlung beschäftigt. Die im letzten Grunde von der Natur reichlich gelieferten Nahrungssubstanzen werden zunächst in die Saftmasse des Körpers durch die Thätigkeit der Verdauungsorgane übergeführt, die einen bedeutenden Theil des Gesamtkörpers ausmachen. Die Saftmasse dient der Erneuerung und dem Wachsthum aller Körperorgane, sie führt ihnen das Kraftmaterial zu und dafür die Stoffe ab, die im Haushalte des Organes anfallen, um sie theils anderen Organen zur weiteren Benutzung oder Ausscheidung zu übergeben.

In der Betrachtung der Gesamtleistungen des menschlichen Organismus als Kraftmaschine können, wie wir sehen, diese organ- und kraftproducirenden Vorgänge mit ziemlich gleichem Rechte an den Anfang oder an das Ende der Darstellung verwiesen werden.

Wir nehmen sie im Folgenden zum Ausgangspunkt unserer Darstellung, zwar darum, weil sie unter den physiologischen Vorgängen im animalen Organismus sich noch zunächst an die Hauptvorgänge in den Pflanzen anschliessen können so, indem wir nach der alten Ausdrucksweise von den vegetativen Vorgängen zu den animalen und hier von den niedereren zu den höheren Organismen fortschreiten, zu einer gegliederten Darstellung, die in gewisser Weise der Gesamtentwicklung der organisirten Natur entspricht.

Die sogenannten vegetativen Vorgänge der Stoffaufnahme, Stoffabgabe, Zersetzung und Stoffaustausch bezeichnen wir als:

#### **Stoffwechsel.**

Der Stoffwechsel liefert dem animalen Organismus die Möglichkeit der:

#### **Arbeitsleistung.**

unter welchem Ausdrücke wir die gemeiniglich als „animaler“ bezeichneten Vorgänge zusammenfassen können.

In diese beiden Hauptabschnitte gliedert sich zunächst unsere Aufgabe.

Wir können den Stoffwechsel auch als **Physiologie der Spannkraft** und die animale Arbeitsleistung als **Physiologie der lebendigen Kräfte** bezeichnen.



# **Specielle Physiologie.**

---

## **I.**

### **Die Physiologie des Stoffwechsels.**





# **I. Die Ernährung.**

## **Viertes Capitel.**

### **Die Nahrungsmittel.**

---

#### **Begriff des Nahrungsmittels.**

ennen die Stoffe, aus denen die Nahrung der animalen Zelle zu bestehen die allgemeinen Grundgesetze der Ernährung thierischer Organismen kennt; wir haben noch die Einzelverhältnisse kennen zu lernen, in bei dem Menschen zur Geltung kommen.

en einfachen Nahrungsstoffen: Eiweiss, Fette, Kohlehydrate, chsalz, phosphorsaures Kali etc., werden nur sehr wenige einzeln für en (Zucker z. B.); meist werden viele mit einander gemischt, nach- ch einer mehr oder weniger eingreifenden Zubereitung unterlagen, als Nahrungsmittel aufgenommen; durch die Zubereitung werden die ittel zu: Speisen.

atur selbst lehrt uns, die Nahrungsstoffe zu mischen. Fast alle Substan- : uns zur Ernährung darbietet, Wasser, Milch, Getreidesamen, Fleisch ad nicht einfache Nahrungsstoffe, sondern Gemische von solchen, die mähnungszwecke gleichzeitig erfüllen.

ier eierlegender Thiere können als Beispiele vollkommener Nahrungs- ien. Sie enthalten nach unserer S. 83 gegebenen Darstellung alle der animale Organismus zum Aufbau seiner Organe bedarf.

#### **Das Wasser.**

Wasser ist im thierischen und menschlichen Leibe die Rolle eines chemischer und physikalischer Vorgänge zugetheilt. Der Körper des ind der höheren Säugethiere besteht zu 58,5% aus Wasser, das an sirten Bau sich wesentlich theiligt.

schon das reine Wasser an sich ein wichtiger Ernährungsstoff. Noch gewinnt es an Bedeutung dadurch, dass es vom Menschen nicht in Reinheit genossen wird, sondern beladen mit einer Menge anderer für ilt des Organismus wichtiger Stoffe.

asser besitzt die Fähigkeit, beinahe alle Stoffe aufzulösen. So kommt s Quell- und Flusswasser, welche vorzüglich zum Trinken dienen, mit und gasförmigen Stoffen, je nach ihrer Löslichkeit mehr oder weniger

beladen sind, welche ihm unterwegs in der Luft oder Erdschicht begegnet durchsetzt. Manche Quellwasser enthalten eine sehr grosse Menge derartiger Mischungen und erhalten dadurch den Charakter der Mineralquellen. Auch im gewöhnlichen Trinkwasser sind jene in bedeutender Quantität vorhanden, und man darf sich so wenig verleiden lassen, sie etwa als Verunreinigungen selbst aufzufassen, dass ihre Abwesenheit sogar das Wasser zum Geringfügigen tauglich macht. Es fehlen die Mineralbestandtheile im Regenwasser, im destillirten Wasser, beide können erst durch Zusatz von Salzen — Kalk — zum Gebrauche als Trinkwasser tauglich gemacht werden, wie es in vielen Gegenden, z. B. auf der schwäbischen Alp, wo nur Regenwasser zu Gebrauche kommt, der natürliche Instinkt den Bewohnern seit den ältesten Zeiten gelehrt hat (J. RANKE).

Das Wasser enthält je nach dem Zustande der Witterung eine gewisse Menge von Luftbestandtheilen, welche sich bekanntlich beim Kochen, so bei dem Gefrieren als Luftblasen ausscheiden. Auf der Gegenwart der Luft im Wasser beruht seine Fähigkeit, thierischen Organismen — Fischen etc. — zur Erhaltung ihres Lebens Sauerstoff bedürfen, als Aufenthaltsort dienen zu können; im Wasser der Quellen fehlt der Sauerstoff meist fast gänzlich, es rührt, dass sich in den frischesten Quellen keine Fische und Thiere halten können, sie müssen aus Luftmangel ersticken. Ein Forellnbach hat blos seinen Ursprung keine Fische, erst wenn sein Wasser längere Zeit mit der Luft in Berührung war, ist es für thierische Organismen athembare.

Die Luftmenge beträgt etwa  $\frac{1}{30}$  —  $\frac{1}{20}$  des Volumens des Fluss-Wassers, dass in 1 Kubikfuss Wasser 33 $\frac{1}{3}$ , 40 bis 50 Kubikzoll Luft enthalten sind. Die bekannte Wirkung der Gesetze der Gasdiffusion bewirkt es, dass das Wasser weit sauerstoffreicher ist als die atmosphärische.

In 100 Kubikfuss Wasser sind im Durchschnitt

dem Volum nach:	dem Gewicht nach:
Sauerstoff . . . . . 1280 K. Z.	28,66 Gr.
Stickstoff . . 2560 bis 2640 „	50,74 bis 52,30 „
Kohlensäure . . 80 bis 160 „	2,17 bis 2,95 „

Wie aus dem über das Quellwasser Gesagten erhellt, ist der Sauerstoff im Wasser nicht nöthig, um ihm Wohlgeschmack zu verleihen. Letzterer beruht gegen mit der steigenden Menge an Kohlensäure zu, an der das Quellwasser stets ziemlich reich zeigt.

Die Verhältnisse dieser Luftbestandtheile des Wassers sind in dem ausgesetzten Wasser ebenso gleichbedeutend wie die Zusammensetzung der Atmosphäre. Desto verschiedener sind die mineralischen beigemischten Stoffe je nach den verschiedenen, im Boden, den das Wasser durchsetzt, an Mineraltheilen reichten.

Nach den Untersuchungen von BOTCHARDAT und COLIN insbesondere die Wasser der Flüsse und Seen Frankreichs und der Schweiz sehr verschiedene Mengen an Mineralbestandtheilen. Es stellt sich heraus, dass sie der Luft nach kohlensäure und schwefelsäure Salze und Chlorverbindungen enthalten, von Erden, besonders Kalk enthalten, die Salze der Alkalien treten da zurück. Die kohlensäuren Erden sind nur durch Vermittelung der freien Kohlensäure als doppeltkohlensäure Salze gelöst.

Kalk ist in so grosser Menge im Trinkwasser kalkreicher Gegenden enthalten, dass nach den Untersuchungen von BOUSSINGAULT seine Menge hinreicht, wachsenden Thieren die ihnen zur Bildung ihrer Knochen nothwendige zu liefern. Er berechnete, dass auf seinem Landgute ein Ferkel in drei 1/4 Pfund Kalk im Trinkwasser erhalten habe, und dass sein Gutsbrunnen dem Vieh 2000 Pfund Kalk, Bittererde und Kochsalz zuführe.

sehen, dass schon das Trinkwasser meist allein hinreichte, wenn auch gen Nahrungsmittel keine anorganischen Nahrungsstoffe mehr führen, den menschlichen Organismus mit diesen nothwendigen Substanzen zu

fordert von einem guten Trinkwasser folgende Eigenschaften: es muss klar, geruch- und geschmacklos sowie frisch und kühl sein; es darf von organischen Substanz nicht mehr als 1 Grain, von kohlensauerem Kalk nicht mehr als 46 Gr., von schwefeligen Kalk nicht mehr als 3 Gr., von Chlornatrium nicht mehr als 10 Gr., und von kohlensaurem Natron nicht mehr als 20 Gr. in der Gallone enthalten.

**Statische Bemerkungen.** Diesen bisher genannten Stoffen gegenüber stehen andere, die ebenfalls in ziemlicher Häufigkeit, manchmal in bedeutender Menge in dem Trinkwasser vorkommen. Es sind dieses organische Stoffe und die salpetersauren Salze. Sie sind in der Reinigung des Wassers zu betrachten. Die salpetersauren Salze des Wassers, salpetersaures Ammoniak — sind nur zum kleinsten Theile in der Atmosphäre gebildet, hauptentlich bei Gewittern entstehen. Zum grössten Theile stammen sie wie die organischen Beimischungen daher, dass Flüssigkeit aus Kloaken, Gossen, Bierbrauereien etc. in einen hereinsickert oder in die Flüsse geleitet wird und so das Trinkwasser verpestet, welche zu den mannigfachsten Erkrankungen wird, die Gesundheitsverhältnisse ganzer oder einzelner Lokalitäten vorübergehend oder für immer verschlechtert. Das Trinkwasser ist ein Verbreitungsmittel für faulende, krankheitszeugende Stoffe. Es wird durch diese Verhältnisse — Nahe der Kloaken am Brunnen z. B. — verständlich, wie einzelne Brunnen für sich z. B. Typhusherde sein können, während daneben stehende von anderem Wasser versorgte Wohnungen vollkommen gesund sind. Das Wasser solcher verunreinigten Brunnen beherbergt eine ganze Flora und Fauna von Wesen, die besonders auf und zwischen den Steinen sitzen, welche den Brunnengrund bilden. Sie haben durch RADKOFFER eine sorgfältige Untersuchung gefunden.

In den organischen Formtheilen des Schlammes erscheint der eine Theil als völlig fremde, nur zufällig von aussen herbeigeführte Beimengung; ein zweiter Theil als aus der unmittelbaren Umgebung des Brunnens (seiner Bedeckung und Umfassung) stammend; der dritte Theil endlich als wesentliche organische Beimischungen von im Wasser des Brunnens selbst lebenden Organismen gebildet.

Insbesondere die Zahl der zufälligen Beimischungen wird sich durch weitere Untersuchungen vermehren lassen. Sie sind unter Umständen die wichtigsten, wie der unten unten erwähnte Fall mit der Cholerainfektion zeigt.

Radkoffer zählt als zufällige Beimischungen aus dem Thierreiche stammend auf:

1. Haare von Mäusen und Ratten, gefärbte Wollfasern, Theile von Vogelfedern.

2. Daraus waren die aus dem Pflanzenreiche:

3. Aussetzeln von verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen, bald mit, bald ohne Wurzeln; Pflanzenhaare; Zellen aus der Kartoffelschale; Gefässbündelnetze von Blattgestorbenen, isolirte oder zusammenhängende Zellen aus dem Innern von Rinden und aus Rindenzellen aus Bäumen; Strohstückchen; von Lindenholz Fasern und Stückchen, die der unmittelbaren Umgebung des Wassers stammten an Thierüberresten:

4. Von kleineren Würmchen und im Wasser lebender Insektenlarven, Leichen von Milben, von der Hautbedeckung eines niederen Thieres.



## An Pflanzen

Fasern und Bruchstücke von der Holzbedeckung des Brunnens, darin oft gefiederte Pilzfäden (Hyphomyceten) mit den Pilzsporen: einzellige, spärlich grosser Anzahl neben einander liegend; zwei-, vierzellige, stumpf keulenformige; zwei-, fünfzellige, spindel- oder mondsichelförmige von einem *Fusarium Selenosporium*. Aus dem modernsten Holzwerk war ein kleiner *Pyrenomyces*.

Als wesentliche Gemengtheile, deren Dasein von dem Wasser des Brunnens nicht erscheint, bezeichnet er als thierische (nach Bestimmungen von SIEBOLD).

Verschiedene lebende, geisel- und cillientragende Infusorien, den einfach angehörig (Monadinen); Gehäuse von abgestorbenen Panzerinfusorien (*Cryptocystis*); Protozoen (*Amoeba*): lebende, in Bewegung begriffene Amöben; ein *Stentor* (*Cyclops quadricornis*).

## Als pflanzliche:

Pilzfäden, zartere farblose und derbere gelbliche, mit mehr verholzter *Wasserfaden*; Pilzalgen (*Hydrocolea*); Diatomeen und Reste davon (*Navicula*); Zellen von *Pediastrum* ähnlichen Algen; Zellen von *Bacterium* und anderen V. h. zahlreiche graulich-gelbliche Flocken einer chlorophyllösen Alge (*Palmaria RADLAUFER*), die sich in allem Quellen- und Brunnenschlamm findet.

Es ist klar, dass der Gehalt der Salpetersäure im Wasser nicht ohne die Menge der im Wasser gelösten Stoffe sein kann. So kommt es, dass die am besten gereinigten Brunnen auch bei weitem die grösste Menge anorganischer Stoffe enthalten.

Nach den Untersuchungen aus dem Laboratorium v. PITENKOPF's, welche angestellt wurden, kann sich in einem Brunnen, sogar zur Zeit, wenn er die fester Bestandtheile zeigt, trotzdem keine Reaktion auf salpetersäure oder Salze zeigen. Da schon das Regenwasser diese Salze enthält, so muss angenommen werden, dass dann in Folge sehr lebhafter organischer Vorgänge durch die Wasserzerstörung der sonst in keinem Brunnenwasser fehlenden salpetersäuren Salz hat. WAGNER fand an Stelle der salpetersäuren Salze nicht unbeträchtliche Mengen Ammoniak. Die Schwankungen im festen Rückstand der Brunnenwasser zu verschiedenen Zeiten sind sehr bedeutende, wie SCHMIDT für Dorpat fand und WAGNER für München für andere Orte bestätigten.

100 CC Wasser eines Brunnens ergaben an festem Rückstand (WAGNER):

4. April	36 Mgm.
20. April	68 „
24. Mai	107 „
8. Juni	100 „
15. Juni	97 „
30. Juni	93 „
14. Juli	83 „
28. Juli	88 „
5. August	83 „
9. September	70 „
24. September	65 „
8. Oktober	60 „
22. Oktober	58 „

WAGNER fand, dass bei nasser Witterung der Gehalt des Brunnenwassers an festem Rückstand zu-, bei trockenem Wasser abnimmt. Es hat das darin seinen Grund, dass der Brunnen durch das zuströmende Regenwasser mehr Auslaugungsprodukte (Excremente etc.) zugeführt werden.

Es zeigte sich, dass bei einer allgemeinen Zunahme der festen Bestandtheile der Gehalt an Alkalien in einem ungemein rasch wachsenden Verhältniss steigt.

genden der Kalkformation stammt der Kaligehalt des Wassers zum Theil aus den thierischen und pflanzlichen Zersetzungsprodukten, deren Reste in das Wasser gelangen. Je mehr an Kali ist, desto mehr ist ein Zeichen von zunehmender Beimischung derartiger Zersetzungsprodukte. Die Vergleichung der Beobachtungen FEUCHTINGER's mit denen WAGNER's, welche 10 Jahre aus einander liegen, zeigen, dass in diesem Zeitraum in München von 0 bis zu beträchtlichen Höhe der Kaligehalt des Trinkwassers gestiegen ist.

Es ist einleuchtend, wie wichtig die Kenntniss dieser Verhältnisse für den Arzt ist, der schon dadurch, dass er schädliches Trinkwasser verbietet und für gesundes sorgt, viele von Krankheiten verhüten kann.

Es ist geneigt, weil es für kleinere Ortschaften verhältnissmässig leicht ist, reines Wasser zu verschaffen, dieser Bedingung der Gesundheit dort weniger Aufmerksamkeit zu schenken, doch liegt es auf der Hand, dass überall lokale Schädlichkeiten der schlimmsten Art gegeben sein können, die um so ungestörter und nachhaltiger wirken, wenn sie nicht beachtet werden. Es ist eine der grössten Aufgaben der Ortsverwaltung, für reines, gesundes Trinkwasser zu sorgen. Der Arzt als Gesundheitsrath muss die Grundprincipien der Frage im Klaren sein.

Er beachtet ein, dass vor allem darauf gesehen werden muss, dass die Anlage der Klonken und Abflusskanäle nicht so erfolgt, dass sie ihren Inhalt durch den Boden in benachbarte Gärten ergiessen können. Gehörige Entfernung beider ist das beste Mittel der Verhütung. Die Kanäle müssen die Wände der ersteren cementirt werden, was jedoch nicht absolut nöthig ist.

Die Versorgung der Städte mit Wasserleitungen von gesundem Quellwasser ist die gefürchtete Verunreinigung. Bleiröhrenleitungen ertheilen dem Trinkwasser einen geringen Bleigehalt, wenn das Wasser nicht schwefelsauren Kalk führt, der das Blei als unlösliches schwefelsaures Blei niederschlägt. Nach v. PETTENKOFER greifen alle »harten« Wässer, welche Kohlensäure und kohlensauren Kalk gelöst enthalten, das Blei weniger an. Es ist niemals von der Anwendung des Bleis zu Wasserleitungen nachtheilige Folgen gewesen, wenn das Wasser nicht mit der Luft in Berührung in den Röhren oder Reservoirs (cf. Beobachtungen von WORMS und LAVERAU auf der folgenden Seite) stagnirte.

Eiserne Röhren werden um so mehr angegriffen, je mehr das Wasser Sauerstoff und Kohlensäure enthält, darum rosten sie in Quellwasser, das wenig Sauerstoff führt, weniger als in Fluss- und Regenwasser. Bildet sich mit der Zeit eine Kruste von Eisenoxydhydrat, so hindert diese den Zutritt des Sauerstoffs zum Metall, daher führt das Wasser aus frischen eiserne Röhren mehr Eisen als aus alten. Ein geringer Eisengehalt des Wassers ist für die Gesundheit mehr zuträglich als schädlich.

Wasser, das oft zu den Sammelbassins von Wasserleitungen angewandt wird, ertheilt dem Wasser, das längere Zeit mit ihm in Berührung steht, einen Zinkgehalt, der um so beträchtlicher wird, je reicher das Wasser an Chlorverbindungen ist. ZINKEK fand in Wasser, das längere Zeit in einem Zinkreservoir gestanden hatte, einen Gehalt von 4,0404 Gramm Zink pro Liter. Er rath die Zinkbassins mit Ockerfarbe oder Asphaltlack anzustreichen.

Wir müssen stets mit gegebenen Grössen rechnen, so auch hier. Ist das Trinkwasser schlecht und ungesund, und ist es nicht möglich die hieraus hervorgehenden Schädlichkeiten durch Herbeischaffung gesunden Trinkwassers zu vermeiden, so müssen Anstalten getroffen werden, das vorhandene Wasser von seinen Verunreinigungen zu befreien.

Das Kochen des Wassers zerstört die schädlichen organischen Beimengungen, treibt auch alle Luft aus und macht dadurch das Wasser unschmackhaft. Im Nothfall kann es auch durch Anwendung finden, wenn man es einige Zeit mit Luft geschüttelt hat.

In Paris dient das Seinenwasser fast ausschliesslich als Trinkwasser. Es muss, wie das Wasser der meisten als Trinkwasser benützten Flüsse, vor dem Gebrauche von den erdigen Bestandtheilen, die es enthält, gereinigt werden. Diese erdigen Bestandtheile, welche das Flusswasser führt, sind von den Mineralbestandtheilen, die wir vorhin betrachtet haben, wesentlich zu unterscheiden. Erstere bestehen der Hauptmasse nach aus Thon und sind, ohne gelöst zu sein, im Wasser suspendirt, besonders nach starkem Regen- und Thauwetter, und setzen



sich äusserst langsam ab. Abgesehen von diesen erdigen Beimischungen ist das gewöhnlich weit ärmer an festen Mineralbestandtheilen als das Quellwasser, das zum Theil durch Regenwasser gespeist werden, welches bei seinem raschen Lauf Zeit hatte, eine grössere Menge jener Stoffe zu lösen. Die Loire bei Orleans (GIDEAU) nur 0,8 Gewichtstheile feste Stoffe auf 100000 Gewichtstheile Wasser, wasser bei Dresden nach PETZOLDT 30, während das Wasser des Kreuzbrunnens z. B. 100 feste Theile enthält.

Die Reinheit des Quellwassers an aufgeschlemmten, erdigen Beimengungen, Reichthum an gelösten Mineralbestandtheilen, welche es zu seinem Vortheil vom Regenwasser unterscheidet, sind beide Folge des Filtrationsprocesses, welchen es beim Durchsickern durch den porösen Boden durchzumachen hat. Hier werden organische Beimischungen wenigstens zum Theil entzogen, indem sie jenen als Nahrungsmittel dienen.

Man ahmt bei dem Wasserreinigungsprocess diesen natürlichen Filter nach. In Venedig hat man filtrirende Cysternen, bei welchen das Regenwasser wasserdichten, mit einer Thonlage belegten Gruben gesammelt wird, welche gefüllt sind. In der Mitte geht durch den Sand ein Schacht nieder, welcher trocken und mit Oeffnungen im Mauerwerke versehen ist. Das aussen auf den Sand geleitete Wasser sickert durch diesen in den Schacht, aus dem es durch Schöpfeimer gereinigt und den Mineralbestandtheilen geschwängert gehoben werden kann.

Die Reinigung des Flusswassers im Grossen geschieht auf ähnliche Weise, oben angegeben. Es wird in Filterbeete geleitet, welche ohne Mörtel gemauert, auf einem Lehmgrund aufstehend. Etwa 6' hoch ist diese grosse Leiste zu unterst mit Geröll, dann mit grobem, dann feinem Sand gefüllt. Diese Schichten lassen das Wasser durchsetzen, um in die Schächte zu gelangen. In den Familien sind Filter gebräuchlich, welche aus einem Kasten bestehen mit doppeltem Boden, auf den das zu filtrirende Wasser aufgegossen wird, besteht aus einem porösen Filtrant genannt, der das Wasser klar durchsickern lässt, welches unten aus dem Kasten durch einen Hahn abgelassen werden kann.

Um das Wasser nicht nur von seinen mechanisch beigemischten, sondern auch von seinen organischen Verunreinigungen zu befreien, dient am zweckmässigsten die Behandlung durch Holzkohle, welche die Eigenschaft hat, riechende, faulende, faulig organische Substanzen mit grosser Kraft den Flüssigkeiten zu entziehen und durch sie zu verändern.

Bei dem Filtriren des Flusswassers im Grossen ist manchmal der Reinigung sehr unvollkommen. In London liess es sich nachweisen, dass durch solchen Choleraeikreme in die Häuser eingeschleppt wurden, welche die Krankheit verbreiteten. Der Stadttheil Londons, den die East London Company mit Wasser versorgte, wurde 1866 vorzugsweise von der Cholera betroffen, und es wurde amtlich erklärt, dass diese Gesellschaft in ihre Wasserwerke das Wasser des Leafflusses und eines Reservoirs, ohne es vorher zu filtriren, eingelassen haben. Der Bericht schreibt das heftige Auftreten der Krankheit der Vermischung von Choleraeikrem mit dem Flusswasser zu. Französische Aerzte (LAVERRA und WORMS) sahen häufig verunreinigtem Wasser (aus lange ungereinigten Bleireservoirs) im Sommer typhusähnliche Epidemien entstehen. Es ist dieses ein Beweis dafür, wie wichtig überall wie das alte Rom es that, Quellwasser den Städten zuzuleiten. Für die Bedarfe man etwa — allen Wasserverbrauch im Hause mitgetheilt 25 Mass in 25 Stunden (VON PETTENKOFER).

Man pflegt den Wasserfiltern in ihrem Inhalt, der im Kleinen wie im Grossen aus Schichten von gewaschenem Sand und grösseren Kieselsteinen bestehen kann, auch grössere Stücke von Kohle beizumischen, welche das filtrirende Wasser zugleich von organischen Substanzen reinigen. Will man nur den letzteren Zweck erreichen, so benutzt man Filter, welche die



die Kohlschicht laufen lassen, wie sie schon jetzt von London her bei uns ein-  
zu ziemlich häufigem Gebrauche sind.

Pariser Wäscherinnen benutzen eine den Chinesen entlehnte Methode der Wasser-  
reinigung, die darin besteht, dass sie eine geringe Menge von Alaun dem Flusswasser zu-  
setzt. Der Schlamm, den das Wasser mit sich führt, sammelt sich nach Zusatz von 0,00010/0  
Alaun in langen Streifen und schlägt sich nieder. Es wäre denkbar, dass diese  
Reinigungsmethode auch für die Zwecke der Trinkwasserherstellung verwendet werden  
könnte, obwohl der Alaun als ein dem Wasser fremder Bestandtheil, als eine Verunreinigung  
zu betrachten ist; an sich ist er für die Gesundheit ganz unschädlich. Es lohnt  
sich der Versuch bei schlammigem Trinkwasser, wie es sich besonders im Früh-  
jahr überhaupt nach längerem Regenwetter auch in sonst guten Brunnen findet.

Nur die Verhältnisse des Wassers, welches wir trinken, sondern auch das im  
Boden, auf dem wir wohnen und leben, enthaltene Wasser hat Einfluss auf  
Gesundheit.

Empfindlichem Boden treten verschiedene Krankheiten besonders stark auf: z. B. Wech-  
selsieber, Malaria.

Der Wasserstand im Boden, den man an dem Wasserstand in Brunnenschächten messen  
kann (v. PETTENKOFER), ist nicht nur an verschiedenen Orten, sondern  
an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten sehr bedeutenden Schwankungen unter-  
worfen.

Mit diesen Schwankungen steigt und fällt nach PETTENKOFER die Disposition der  
Boden für gewisse Krankheiten, die man als »Bodenkrankheiten« bezeich-  
net. Vor allem sind es der Typhus, die Cholera und das Wechselfieber, nach-  
dem auch Ruhr, die in einem solchen Wechselverhältniss mit den Schwankungen des  
Grundwassers stehen. Für erstere Krankheit behauptet Bunt, dass bei epidemischem Auf-  
treten derselben das Maximum der Sterblichkeit, also die Höhe der Krankheit mit dem tiefe-  
n Wasserstande des Grundwassers zusammenfällt. Das Wechselfieber zeigt sich bei dem höchsten  
Wasserstand, wenn wir also auf einem uns und unseren Wohnhäusern auf wenige  
Fuss abgerückten unterirdischen See wohnen.

Beziehung auf die Cholera sagen vornehmlich auf PETTENKOFER's Untersuchungen  
auf GIESINGER, PETTENKOFER und WUNDERLICH:

1. Die örtliche und zeitliche Disposition haben nach dem gegenwärtigen Stande der  
Erkenntnis die Durchgängigkeit des Bodens für Wasser und Luft, dessen wechselnder Wasser-  
stand und die Imprägnirung mit organischen, stickstoffhaltigen verwesenden Stoffen den  
hauptsächlichen Einfluss.

2. Für Wasser und Luft nicht oder nur sehr wenig durchgängiger Boden (z. B. kompakter  
Lehm) zeigt sich für eine epidemische Entwicklung nicht oder nur sehr wenig empfänglich.  
3. Poröser Boden oder auch Felsboden, der sehr zerklüftet ist, und dessen zahlreiche Klüfte  
bis in eine grosseren Tiefe hinab mit geschlämmter, imprägnirter Erde ausgefüllt wird,  
bietet einen solchen Schutz nicht.

4. Wenn eine abnorme Durchfeuchtung der porösen, imprägnirten Bodenschichten voraus-  
gesetzt ist, und die Luft daraus eine längere Zeit hindurch und bis zu einer beträch-  
tlichen Höhe als gewöhnlich, durch Grundwasser verdrängt war, so begünstigt ein rasches  
Zurückgehen desselben die epidemische Entwicklung der Cholera an solchen Orten.

5. Wenn eine imprägnirte Schicht mit organischen, verwesenden Substanzen ist, desto gefahr-  
voller wird das Zurückgehen des Grundwassers, falls der Keim der Cholera zu dieser  
Schicht geschleppt wird.

6. Zurückgehen des Grundwassers, das Austrocknen andauernd und stark durchfeuchte-  
den Bodenschichten scheint das wichtigste Moment für die Zeit des Auftretens der Cholera-  
epidemien zu sein.

7. Flussthälern, in Mulden, dicht am Fusse von Abhängen (an Steilrändern) wirken diese  
Faktoren häufig im ungünstigen Sinne zusammen, diese Terrainform begünstigt nament-  
lich die Bildung, Ansammlung, Stauung und Schwankung von Grundwasser.

Oertlichkeiten auf der Schwande zwischen zwei Mullen, Gegenden zweier verscheiden zeigen durchschnittlich eine viel geringere Empfänglichkeit.

Es wird für den Arzt leicht sein, den hohen Nutzen, welchen die bei diesen Thatsachen für die Gesundheitspflege, Verhütung von Erkrankung, Platzes für Krankenhäuser und Wohnhäuser etc. ihm gewähren, im speciell wirklich daraus zu ziehen.

**Chemische Methoden.** — Für den Arzt kann es sehr wünschenswerth sein, und quantitativen Nachweis organischer Stoffe in dem Trinkwasser. Qualitative Nachweis wird durch Zusatz einiger Tropfen Goldlösung grösser die Menge der organischen Stoffe im Wasser ist, desto stärker ist der dunkle Niederschlag. Setzt man einige Tropfen einer (rothen) Lösung von übermangansauerm Kali oder Natron zu Wasser, das mit organischen Stoffen verunreinigt ist, so tritt die schöne rothe Färbung und es entsteht endlich ein brauner Niederschlag.

Die Menge der organischen Stoffe bestimmt man im Wasser nach Wöhlher'schen Lösung von übermangansauerm Kali. Man wiegt 4 Gramm von diesem Salz ab und löst es zu einem Liter in destillirtem Wasser. Man prüft diese Lösung auf Oxalsäurelösung (0,63 Gramm in 1 Liter Wasser); 40 cc dieser Oxalsäurelösung mit 300 cc Wasser, dem man 2 cc einer starken Lösung von schwefeliger Säure zusetzt, auf 60°C. erhitzt und dann die Lösung des übermangansaueren Kalis zu. Wenn die Oxalsäurelösung richtig angefertigt, so müssen gerade 13 cc Manganlösung zu der so bereiteten und geprüften Lösung die organischen Bestandtheile bestimmen, misst man von letzterem 1 Liter ab, setzt 2 cc starker schwefeliger Säure zu, erhitzt auf 60°C. und tropft unter fortwährender Bewegung der Flüssigkeit in einem Glaskolben oder Röhren in der Porcellanschale die Manganlösung zu, bis eine Spur einer rothen Färbung auftritt. Verschwindet diese Färbung nach 1/2 St. so setzt man noch ein wenig Manganlösung zu, bis die Färbung 1/2 Stunde vorhält. Von der verbrauchten Menge sind 0,24 cc abzuziehen, weil so viel zur Bereinigung von 1 Liter Wasser erforderlich ist. 1 cc der Manganlösung wird durch 3 M. organischer Substanz zerstört, danach die Berechnung. — Meist benützt man die Verunreinigung des Stoffes den Gesamtrückstand einer bestimmten Wassermenge.

### Die Milch.

Fig. 57.



Querschnitt durch die Milchdrüse der Frau einer Amme, mit Blutgefässen.

Wir haben die Betrachtung der Milch als des unentbehrlichsten Nahrungsmittels für die Erhaltung der Organismen vorausgesetzt. Wir schliessen daran die der Milch an, welche die Nahrungsmittel der Menschen in seiner ersten Lebensperiode bilden, die also als natürlicher Typus der Nahrungsmittel betrachtet werden müssen.

Die Milch ist das Sekret der Mamme, welche aus zweier zusammengesetzter, drüsiger Organe besteht, welche im Wesentlichen mit den übrigen Drüsen: Pankreas und etc. übereinstimmen (Fig. 57). Nach der Geburt und nach vollendetem Puerperium ist die Mamme vollständig ausgereift und funktionsfähig und besitzt in diesem Zustand kolbig geformte Drüsen.

hen, welche an den Enden eines dendritisch ramificirten Ganggebracht sind (LANGER). Die 15—20 Ausführungsgänge münden in Längsgeraden, 1—2" weit, einzeln auf der Brustwarze. Man bezeichnet sie als Milchgang, Ductus lactiferus, der im Warzenhofe je zu einem Längsgeraden, dem Milchsäckchen anschwillt, welches mit einem von Ausführungsgängen an der Spitze der Brustwarze für sich ausmündet. Die Epithelzellen der Ausführungsgänge bestehen aus vieleckigen, rundlichen Zellen, die zusammen eine walzenförmige Gestalt annehmen. KÖLLIKER findet an den Warzenhöfen eine weisse, feste, bindegewebige Haut, an der er keine Muskelfasern elastische Elemente, nachweisen konnte. Nach LANGER besteht die Drüsenbläschen aus retikulärem Bindegewebe. Die zelligen, mit Kernen versehenen Bestandtheile desselben bilden ein Körbchen, welches abgegrenzt und nach Entfernung des Drüsenepithels sichtbar wird. In den Warzenhöfen findet LANGER dieses Epithel einschichtig, im Grunde der Bläschen aus polyedrischen Zellen bestehend, die gegen den Ausführungsgang zu stehen und dessen Lumen mitunter sehr verengern. Die Endbläschen vertheilen sich zu kleinen Läppchen, die aber nie (LANGER) zu grösseren, den einzelnen Ausführungsgängen entsprechenden Lappen sich vereinigen. Das Drüsenstroma bildet einen ungetheilten bindegewebigen Körper dar, der sich peripherisch in Bindegewebe auflöst. Der Drüsenkern steht nur an der Brustwarze mit unmittelbarer Verbindung, sonst schiebt sich reichliches Fettgewebe zwischen, das am Warzenhofe durch eine mächtige Lage glatter Muskelfasern

Die Brustwarze besitzt selbst eine grosse Menge glatter Muskelfasern, die die Stütze der Steifigkeit bei Hautreizen auf die hier sehr zarte Oberhaut ertheilen. In der Warzenhöhle zeigt sich in ihren tieferen Lagen gefärbt. Im Warzenhofe befinden sich Schweiß- und Talgdrüsen, welche oft sichtbare Höckerchen bilden. Die Nerven der Haut über den Milchdrüsen und der Drüse selbst stammen von den Axillarnerven und von den Hautästen des zweiten bis vierten Interkostalnerven.

Die Lymphgefässe der Brustwarze schliessen sich nicht immer genau an und vertheilen sich meist unabhängig von denselben. Die Drüsen sind von einem reichen Kapillarnetz umspinnen, in dessen rundern Maschen die Drüsenbläschen eingeschoben sind. Das Kapillarnetz der Drüsenbläschen stellt ein in sich geschlossenes Ganze dar, das nur aus Arterien und Venen mit dem der benachbarten Läppchen communizirt. Die Venen des Warzenhofs anastomosiren ringförmig (Circulus).

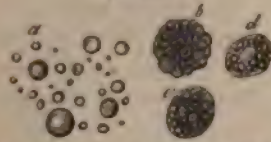
Die Thätigkeit der Milchdrüse ist bei dem menschlichen Weibe auf die Zeit der Geburt beschränkt. Nur dann ist wie gesagt die Drüse in einem normalen Entwicklungsstadium, welche auch mit einer Grössenzunahme zusammenhängt, auch der Brustwarze verknüpft ist. Bei dem Manne ist die Drüse im Lebensalter meist ganz verkümmert, doch kann sie in seltenen Fällen die Thätigkeit der Milchabsonderung erlangen, wie von anerkannten Forschern (BOLDT) berichtet wird.

In der Ruhezeit enthält die weibliche Brustdrüse nur einen zähen Schleim, in welchem einzelne, abgestossene Epithelzellen beigemischt sind. Während der



Schwangerschaft beginnen die Epithelzellen der Drüsenbläschen zu grössern, sammeln immer mehr und mehr Fettröpfchen in sich an, die Endbläschen der Drüse vollkommen ausfüllen. Dabei bilden sich Epithelzellen, sodass schliesslich die älteren mit Fett erfüllten Zellen in

Fig. 58.



Formelemente der Milch, 350 mal vergr. a. Milchkügelchen, b. Kolostrumkörper, c d. Zellen mit Fettkügelchen aus dem Kolostrum, die eine (d) mit einem Kerne.

verändert losgestossen und in die Milch getrieben werden, aus denen sie sich in der letzten Hälfte der Schwangerschaft gemischte gelbliche Flüssigkeit als Kolostrum lassen. Das Kolostrum ist noch keine reife Milch. Es zeigt unter dem Mikroskope die veränderten Epithelzellen, Kolostrumkörperchen und auch Fettröpfchen aus dem Zelleninhalt. Diese in Flüssigkeit umherschwimmen (Fig. 58.). Angaben von STRICKER bestehen die Kolostrumkörperchen aus hüllenlosem, kontraktilem Protoplasma, die eingeschlossenen Fettröpfchen aktiv he-

Mit dem Saugen des Kindes an der Brust nimmt die Thätigkeit in den Drüsenbläschen mit einem Male sehr zu. Nach den ersten drei bis vier Tagen Stillens hat die Drüsenabscheidung den Charakter der reifen Milch angenommen. Die wahrscheinlich fort und fort in den Drüsenbläschen enthaltenen Epithelzellen zerfallen wohl schon in den Milchgängen, sodass die Fettröpfchen frei werden und in der Milchflüssigkeit umherschwimmen, hier und da noch noch fester zusammen, sodass sie an das Bild der Kolostrumkörperchen erinnern.

Die Milchbildung kann im Allgemeinen betrachtet werden als Metamorphose der Epithelzellen der Milchdrüse. Sie schliesst sich der Metamorphose des Hauttalges in den Talgdrüsen an, an welche auch die Epithelschicht der Drüse anreicht.

Nach den STRICKER'schen Beobachtungen wird die bisher allgemeine schematische Darstellung der Milchbildung aus dem Zerfall der Epithelzellen in Frage gestellt. Man könnte auch für die Bildung der fertigen Milch eine andere Annahme der Fettröpfchen und Milchflüssigkeit aus dem Protoplasma der Drüsenzellen nehmen, die nun nicht mehr losgestossen werden. Es würde das in der gegebenen Darstellung der Entstehungsweise der Drüsensekrete sehr gut zusammenstimmen. Dafür scheint auch zu sprechen, dass nach LANGEN in den Drüsenbläschen von Wöchnerinnen, die bald nach der Entbindung gestorben sind, sparsam Milchkügelchen enthalten, welche mitten zwischen den dicht gedrängten Epithelzellen eingelagert sind (cf. Fig. 58.).

Bei säugenden Frauen finden sich auch in den noch festhaftenden Drüsenbläschen. LANGEN beschreibt festsitzende (eingereihte) Epithelzellen mit kleinen Fettröpfchen, andere mit einem Kern, der sich halbwegs zwischen einem grösseren Fetttropfen herumgelagert hat. Enthielten diese Zellen grössere Fettbläschen, so lagen diese gegen das Lumen des Bläschens, der Kern der Zelle dagegen gegen die Wand zugekehrt. Die Zellen vielleicht durch Berstung ihrer Wand die Fetteinlage aktiv herauspresst, sodass sie darum zu Grunde gehen müsste.

Mit Entwicklung der Milchsekretion tritt auch bei sonst gesunden Frauen eine grössere oder geringere Temperaturerhöhung (Milchfieber) ein.

der Stauung der Milch in den Milchkanälen ableiten will (J. SCHRAMM).  
 erung der reichlich angesammelten Milch tritt ein Absinken der Tempe-  
 . Mit dem Abgewöhnen des Säuglings kehrt meist wieder Anschwellung  
 e und damit Temperaturerhöhung zurück.

**Bildung der Milch** wird durch den mechanischen Reiz, den das Saugen  
 es ausübt, gesteigert. Es scheint daher dieser Vorgang nicht von der  
 ng des Nervensystems unabhängig zu sein. Doch ist nach den Experi-  
 gebnissen ECKHARD's die Milchsekretion von dem Einflusse wenigstens  
 brospinalen Nerven unbeeinflusst. Nach deren Durchschneidung bei  
 ht die Sekretion ungeschwächt fort. Nach demselben Forscher gehen  
 den Gefässen Nerven zur Drüse, die wahrscheinlich den sympathischen  
 nen sind. Auch LANGER fand im Drüsenparenchym Nerven auf, die er bis  
 renze der Drüsenbläschen verfolgte.

**Entleerung der Milch** aus der Drüse geschieht nur zum geringsten  
 reichlicher Milchbildung durch den Druck des nachrückenden Sekretes  
 wöhnlich geschieht sie durch das Saugen des Säuglings, durch Vermin-  
 les Luftdrucks an den Mündungen der Milchgänge, der auch bei künst-  
 leerung verwendet wird (Milchpumpe). Die beste Milchpumpe sind die  
 les Menschen. Vielleicht tragen die reichlichen glatten Muskeln der Drüse  
 ler Ausscheidung bei. Zum Theil dienen diese zur Erektion der Brust-  
 auf die nach ECKHARD die oben genannten cerebrospinalen Nerven von  
 sind, die Erektionsfähigkeit erlischt mit dem Durchschneiden derselben.

während der Sägezeit in 24 Stunden abgesonderte Milchmenge  
 st in ihrer Quantität bei dem menschlichen Weibe sehr bedeutend. Als  
 mittszahlen kann man etwa 500—1500<sup>cc</sup> als die Sekretionsgrösse beider  
 in einem Tage annehmen.

**reife Milch** besteht aus einer Flüssigkeit, dem Milchplasma und  
 in diesem schwimmenden, runden, das Licht stark brechenden  
 gelchen. Diese charakterisiren sich sogleich schon durch ihr Aus-  
 als Fett bestehend, und geben der Milch ihre weisse Farbe. Es ist  
 lich, dass sie mit einer zarten Caseinhülle umgeben sind, sodass man  
 am als fettgefüllte Bläschen betrachten könnte.

**Milchflüssigkeit** ist eine Lösung einer geringen Menge verschiedener an-  
 ischer Salze mit einer grösseren Menge Milchzucker, Casein und  
 in. Nach TOLMATSCHEFF enthält die Milch auch Lecithin oder Protagon.  
 en Extraktivstoffen fand LEFORT Harnstoff, KOMMAILLE Kreatin resp. Krea-  
 Ausserdem enthält die Milch Gase: Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff.  
 ganischen Salze bestehen vorzugsweise aus phosphorsauerer Verbindun-  
 Kali und Kalk. Die Milch reagirt frisch alkalisch oder neutral, selten

**Zusammensetzung der Milch** ist bei verschiedenen Säugethieren zwar  
 tiv aber nicht wesentlich qualitativ verschieden, doch mischen sich der  
 e specifischen, riechenden Stoffe der thierischen Hautabsonderung bei,  
 sehr wesentliche Unterschiede in Geruch und Geschmack verursachen.

**Geschmack** der Milch ist mehr oder minder angenehm süss, was von  
 ssere oder geringeren Gehalt an Milchzucker herrührt.

**Fette der Milch** sind nur von der Kuhmilch genau untersucht. HEINTZ

find in derselben die Glyceride der Butinsäure, Stearinsäure, Myristinsäure und Oelsäure. Die flüchtigen Fettsäuren Analysen der Butter ergeben — nach CHEVREUL: Caprin-, Capryl- und Buttersäure — sind gewiss nur zum allergeringsten Theil Ziegenmilch als normale Beimischungen zu betrachten, im Allgemeinen Zersetzungsprodukte, die erst durch die chemische Analyse oder durch das Ranzigwerden entstanden sind. Dieser beruht auf einer Oxydation der Cerins, welches in Acrolein  $C_3H_4O = \text{Acrylaldehyd}$ , welches bei trocknen Destillation und dem Anbrennen der Fette entsteht und den genommenen widrigen, stechenden Geruch erzeugt, und Ameisen setzt wird; die Fettsäuren werden ebenfalls höher zu den genannten Säuren oxydirt. Dieser Zersetzungs Vorgang wird durch die Zersetzung der Körper der Milch eingeleitet.

Die Milch entsteht in oder aus den Drüsenzellen der Milchdrüse in der oben angegebenen Weise. Sie ist nicht sowohl ein Transsudat als eine direkte Zellenproduktion, das Fett mikroskopisch nachgewiesen erscheint. Der Reichthum an Kalisalzen, der die Milch von allen anderen normalen Sekreten unterscheidet, zu ein »verflüssigtes Organ« aufgefasset werden muss. Ueber den Ursprung des Caseins aus dem Eiweiss des Zellenprotoplasmas kann kein Zweifel herrschen, auch das Lecithin oder Protagon. Ueber den Ursprung des Fettes und der Kasein die Meinungen noch sehr getheilt. In der letzten Zeit neigt sich eine Reihe von der Meinung zu, dass die Fette der Milch aus Albuminaten entstehen, dieselbe auch für die Fettbildung überhaupt ausgesprochen wird. Die Kohlehydrate Theil wenigstens Transsudate aus dem Blut zu sein, da bei reichlichem Zuckergehalt der Milch steigt. Einige genossene heterogene Substanzen gehen in die Milch über.

Die praktischen Versuche der Landwirthe haben es mit aller Sicherheit bewiesen, dass die Art und Menge der Nahrung Einfluss auf die Menge der Milchabsonderung hat. Es ist in so fern richtig, als durch alle bisherigen Beobachtungen erwiesen ist, dass die Flüssigkeit die Thiere (Menschen) zu sich nehmen, der Milchertrag um so viel und zwar merkwürdiger Weise ohne dass die Qualität der Milch sich erheblich vermindert, wenn die Thiere Wasser aufnehmen, entsprechend verschlechtert, verdünnt zeigte. Wasseraufnahme in diesem Sinn, mag sie nun durch wasserreiches Futter, Schlempe etc. erreicht werden, oder dadurch, dass man den Thieren durch Sättigung den Durst zu Wasser steigert (DANIEL). Kühe, welche bei trockenem Stande 10—14 Liter Milch gaben, lieferten dann 14—16 Liter ohne Verschlechterung der Thatsache allen Milchviehbesitzern geläufig. Dadurch gewinnt der reichliche Genuss (Bier) bei stillenden Müttern, Ammen eine hohe Bedeutung auch in ärztlicher Beziehung.

Nach den Untersuchungen von THOMSON und den unter PFÜLLER'S Leitung und KEMMERICH gemachten Experimentalbeobachtungen ist jedoch die Quantität der Nahrung durchaus nicht ohne Einfluss auf die Milchproduktion. Merkwürdig ist durch reichlichen Fettgenuss die Milchsekretion (bei Hunden) ganz unbeeinträchtigt, das genaue Gegentheil dessen, was man a priori für dieses fettreiche Sekretur dachten. Bei Fleischnahrung (N haltiger Kost) dagegen nimmt im Vergleich mit vegetabilischer Nahrung die Menge der Milch bedeutend zu und der Gehalt an Fett, namentlich an Fettsäuren, ist sehr erhöht. Der Fettgehalt der Milch, der bei der Hundin nicht unbedeutend ist, bleibt ziemlich constant, wenn sie etwas Fett geniesst.



aus diesen Versuchen die Möglichkeit der Fettbildung für die Milch aus Eiweiss, was auch von den genannten Experimentatoren angenommen wird. HOPPE, dass sich in stehender Milch auf Kosten der Albuminate das Fett vermehrte, auch hier noch ein Uebergang der Albuminstoffe in Fett stattfindende. SAUBOTIN hat die Zunahme der Fettbildung in stehender Milch ebenfalls konstatiert, die in 36 Stunden fast 40% der Menge betragen kann. Nach KEMMERICH geht die Fettbildung aus Albuminaten unter dem Einfluss von Pilzen nur in frischer Milch vor sich. Gekochte Milch verliert dagegen bei der Fäulnisprocesse (HOPPE) beständig Fett. Ueber Fettbildung in der Milch im Zusammenhang mit der Ernährung (VOIT u. A.) folgt weiter unten das Nähere. In der stehenden Milch bildet sich das Albumin in Casein um, ebenso durch Kochen (KEMMERICH). Die Zunahme des Fettes ist aber trotzdem der Einfluss der Nahrung, so lange nur die Thiere gesund sind, nicht so gross als man denken könnte.

ALFAIR ist der Fettgehalt der Milch bei reichlicher Stallfütterung und Ruhe; bei starker Bewegung auf der Weide; das Vieh, welches auf armer Weide viel laufen muss, um sein Futter zu finden, liefert käsestoffreichere Milch.

Die Milch, die man im Euter findet, bevor das Kalb gesaugt hat, das Kolostrum ist viel reicher an Käsestoff als die nachfolgende.

Die letzten Portionen Milch, welche aus dem Euter gezogene Milch ist nicht unbedeutend reicher als die ersten Portionen. Nach SCHÜBLER, der 5 Portionen gesondert analysirte, stieg der Rahmgehalt von 5:8:11,5:13,5:17,5%.

Die grüne Farbe der Milch rührt, wie man bisher annahm, von Vibrio cyanogenus, die gelbe Farbe derselben von einem ähnlichen organisirten Wesen her. Nach den Untersuchungen von ERDMANN beruht die blaue Farbe auf dem Auftreten von Anilinblau, aus dem Käsestoff der Milch durch Vermittelung von Vibrionen. Nach H. HOFFMANN ist die Ursache derselbe Pilz: Penicillium glaucum, welcher in der Milch nur die saure Gährung hervorruft. Den besonderen Einfluss suchen sie so krankhaften (?) Veränderung der Milch selbst. Der Genuss blauer Milch ist für Kinder schädlich mit den Symptomen der Diarrhöen, Abmagerung etc. (F. MOSLER).

Die Untersuchungen von CLEMM, SIMON, HAIDLEX etc. zu Folge enthält die Milch gesunder Kühe im Durchschnitt

in 1000 Theilen Milch:

Wasser . . . . .	885,66	
Casein . . . . .	28,44	} 144,31 feste Stoffe.
Butter . . . . .	35,64	
Milchzucker . . . . .	48,44	
Salze . . . . .	2,42	

Die Milch der Säugethiere, welche zur Milchgewinnung verwendet werden, ist von etwas verschiedener Zusammensetzung als die der Frauen. Sie enthalten im Durchschnitt mehr feste Bestandtheile, unter denen der Zuckergehalt mehr beträgt, während sich ein höherer Gehalt an Butter und Albuminaten zeigt. Die Milch der Esel- und Stuten ist dagegen der Frauenmilch sehr analog gemischt, doch enthalten sie im Gegensatz zu den anderen Milchsorten mehr Milchzucker.

Der Gehalt an Albuminaten beträgt in 1000 Theilen Milch im Durchschnitt

in der Frauenmilch . . . . .	28,44
Kuhmilch . . . . .	54,04
Ziegenmilch . . . . .	46,59
Schafsmilch . . . . .	53,42
Eselsmilch . . . . .	20,18
Stutenmilch . . . . .	46,41



in dem letzteren weniger Muskelarbeit gefordert wird. Sehr auffallend ist in der Zusammensetzung der Milch das hohe Gehalt an phosphorsauerem Kalke, der zum Festwerden nach der Geburt rasch erstarkenden Knochengerüsts nothwendig ist. Dieser Kalk ist an das Casein gebunden. Das Casein selbst ist eine Alkaliverbindung, wovon der Gehalt der Milch an Alkalien rührt. Sie machen das Casein, welches sich im Wasser wenig löst, darin leicht löslich.

Wir von der Milch als dem Normalgemische der Nahrungsstoffe eines kindlichen Menschen gesprochen haben, so bezog sich dieses für den Menschen nur auf die Frauenmilch. Wo diese für die Ernährung des Kindes mangelt, kann dafür die Milch der Hausthiere oder das weitere mit dem gleich günstigen Erfolge angewendet werden. Die Milch von Ziegen unterscheidet sich quantitativ nicht, wie wir sahen, unbedeutend von der Kuhmilch, und die Erfahrung lehrt, dass sie von Säuglingen oft nicht vertragen werden. Um die Frauenmilch ähnlicher zu machen, muss der Kuhmilch, die gewöhnlich als Ersatz für die casein- und butterreicher ist, Wasser zugesetzt werden mit Milchezucker, um den geringeren Gehalt an Zucker zu beseitigen. Dasselbe ist für die Ziegenmilch, die der Kuhmilch nahe steht, nothwendig.

**Allgemeine Milchveränderungen.** — Es ist für den Arzt von Wichtigkeit, die Veränderungen, welche die Milch, dieses nothwendige Nahrungsmittel, erfährt, zu kennen.

Milch nimmt bei dem Stehen in der Luft begierig Sauerstoff in sich auf und scheidet Kohlensäure aus (Hoppe). Vorzüglich leicht und rasch bei etwas hoher Temperatur wird die Milch, welche frisch meist alkalisch reagirte, sauer. Es bildet sich aus dem Milchzucker durch Umlagerung seiner Elemente Milchsäure, wozu nach Hoppe keine Sauerstoffaufnahme der Milch erforderlich ist.

Bei diesem Auftreten einer freien Säure in der Milch finden nun Zersetzungen in ihren Theilen statt. Vor allem wird die Alkaliverbindung des Caseins getrennt, das Casein zerfällt sich als eine dicke Gallerte, Käse ab, welche nach einigem Stehen eine helle, wässrige, grünlich gefärbte Flüssigkeit, Molken auspresst. Die Milchkügelchen werden dem geronnenen Casein eingeschlossen.

Wir wissen, dass organische Zersetzungen bei einer Temperatur von 40°C. stillstehen können, längere oder kürzere Zeit unterbrechen werden können. So erklärt sich der Erfolg der Konservirung der Milch, welches diese auch im Sommer für längere Zeit vor dem Sauerwerden schützen kann, wenn man das Erhitzen wenigstens einmal in 24 Stunden wiederholt. Eine niedere Temperatur wirkt aus einleuchtenden Gründen in demselben Sinne. Anstatt der früher angewendeten hermetischen Luftabschlusses von gekochter Milch in Blechbüchsen, wodurch man für Seereisen die Milch zu konserviren suchte, hat man nun ein Verfahren der frischen Milch durch das Vacuum und Zusatz von Zucker als das beste für die Erhaltung der frischen Milch kennen gelernt. Die »kondensirte Schweizermilch« entspricht allen Anforderungen und wird für Kinderernährung, Truppen etc. vielfach mit dem besten Erfolg verwendet. Man löst für kleine Kinder 4 Kaffeeelöffel in 4 Schoppen kaltem Wasser und kocht dann die Lösung.

Man hat beobachtet, dass die Milch in Zinkgefässen längere Zeit ohne sauer zu werden zu können. Es beruht dieses auf einer chemischen Verbindung von Milchzucker mit dem Zink. Die Zinksalze sind jedoch durchaus nicht ungefährlich. Es erklären sich damit das Vorhandensein in der Milch die Vergiftungssymptome, welche hie und da so heftig beobachtet wurden oder nach Genuss von Speisen, zu deren Bereitung Milch gedient hatte, welche längere Zeit in Zinkgefässen gestanden hatte, wie sie von Zuckerbäckern hiezu benützt werden.

Die Gerinnung der Milch wird auch durch einen sehr geringen Zusatz von doppelt kohlensaurem Natron verzögert, wozu schon  $\frac{1}{1000}$  genügt. Dieser Zusatz ist der Gesundheit vollkommen unschädlich und verändert den Geschmack der Milch nicht merklich.

**Verfälschung. Milchanalysen.** — Die Milch wird in grossen Städten, wo ihr Preis sehr hoch ist, Gegenstand vielfältiger Verfälschungen. Die gewöhnlichste ist Wasserzu-



satz manchmal bis zur Hälfte. In Paris war schon vor der Belagerung das, was liche Milch verkauft wurde, abgerahmte Milch mit einem Zusatz von  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$  Wasser. Rahm ist dort die Milch in natürlichem Zustande. Weitere Zusätze zu Milch werden dazu gemacht, um sie wieder dickflussiger zu machen. Mehl, Haflsameneulsion sind zu leicht an ihrem Verhalten zu erkennen, als dass sie Maasse in Anwendung gebracht werden könnten. Dagegen werden zu diesem wasser, Kleien- und Gummiwasser vielfältig verwendet. Noch eine andere, s schung erwänt Knapp; sie besteht in Beimischung von feinerriehenen, von befreitem Hammelgehirn, wodurch der Milch scheinbar ein hoher Rahmgehalt. Das Mikroskop giebt über diese Verfälschungen sogleich Aufschluss, indem e körnchen, die zerquetschten Nervenfasern etc. nachweist. Ueber die Milch. Nach M. W. TAYLOR und E. BALLARD kann das Typhuscontagium wie durch Ti auch durch Milch verschleppt werden. Die Milch stand bei diesen Beobachtu Typhuskrankenzimmer; das Weib, welches Typhuskranke pflegte, hatte die Ku in 7 Familien, in einem zweiten Fall in 67 Häusern, welche zur Kundschaft der Milchwirthschaft gehörten, brach Typhus aus. Auch für das Scharlachcontagi sie das Gleiche.

Zur Erkennung des Wasserzusatzes dienen sehr einfache, von Jedermann b leitung ausführbare sogenannte Milchproben. Am einfachsten und besta Dossé angegebene Methode, welche die Menge des in der Milch enthaltenen Fe haltspunkt nimmt. Dossé bestimmte, welche Dicke die Milchschieht haben m eben das Licht einer hinter ihr befindlichen Kerzenflamme nicht wahrgenom jene Milchsorte enthält am wenigsten von dem undurchsichtigen Fett, von w dickste Schichte einschalten muss. ALF. VOGEL hat diese Methode dahin abge bestimmte, wie viel er Milch zu 100 Cc. Wasser zusetzen musste, um eine schicht von 0,5 Cm. Dicke (in einem Glaskästchen) undurchsichtig zu machen. SEYLER gewinnt die Bestimmung an Sicherheit durch das umgekehrte Verfahren ein Glaskästchen, dessen Gläser 1 Cm. von einander abstehen. Zu 1 Cc. 3 nun aus einer Burette so lange Wasser zu, bis das Licht einer etwa 4 Mal Kerze oben durchschimmert, wenn er das Glaskästchen bei ziemlich finst ganz dicht vors Auge hält. Nach VOGEL braucht man bei 0,25 Cm. Schichtdick Wasser 3,7 Cc. unverfälschter Milch, also für 5 Cc. Milch 135 Cc. Wasser, na man zu 1 Cc. guter Kuhmilch 70—85 Cc. Wasser setzen, um bei 1 Cm. Schi Kerzenflamme eben sichtbar werden zu lassen, zu abgeblasener bedarf es oft n Wasser.

Der Werth der Milch beruht aber gleichzeitig auf ihrem Gehalt an aufgeloste besonders Käsestoff, nicht nur auf dem an Buttertheilen. Der Gehalt der ers bart sich durch das specifische Gewicht, welches grösser ist bei reich umgekehrt; das specifische Gewicht schwankt normal zwischen 1008—1011, das an der Senkwage gemessene specifische Gewicht als Massstab der Güte, s zu leicht, weil die Butter die Areometergrade hinab-, der Käsestoff aber a aufdrückt. Es kann also eine Milch käsereich erscheinen, während sie in Wahl terarm ist. Da die Beschaffenheit der natürlichen Milch grossen Schwankungen ist, so ist eine Verdünnung mit Wasser wohl nur bei extremeren Graden mit zu erkennen.

**Künstliche Milchveränderungen zu Nahrungsmitteln.** — Die Milch wird nicht n zur Nahrung verwendet. Man benutzt von jeher auch einzelne von den in H Stoffen für sich.

Vor allem ist hier die Butter zu nennen, die sich als Rahm bei längerer der Milch absetzt und durch Schlagen und Schütteln — Buttern — vollkommen werden kann, indem dadurch wahrscheinlich die Caseinhüllen der Milchkügel

und die einzelnen sich zu grösseren Fettklumpen vereinigen können. Die Butter ist stets auch nach sorgfältigem Auswaschen noch Bestandtheile der Milch in sich, welche den eigenthümlich angenehmen Geschmack, aber auch den Fehler ertheilen, sehr ranzig zu werden. Man vermeidet diese Zersetzung, welche die Butter ungeniessbar, auf zweierlei Weise: entweder durch Einsalzen, wodurch der Käsestoff wie die Albuminate die Fähigkeit sich zu zersetzen in hohem Grade verliert, oder dadurch, dass man den Käsestoff ganz entfernt, was durch Schmelzen der Fette — Schmalzbereitung geschieht, wobei der geronnene Käsestoff als eine graue schaumige Masse — Buttermilch — auf der Oberfläche sich ansammelt und abgeschöpft werden kann. Frische Butter enthält nach meinen Bestimmungen bis zu 4,5% Käsestoff und oft mehr Wasser.

Von der Butterbereitung zurückbleibende Buttermilch besitzt noch eine grosse Menge der Nahrungsstoffe der Milch, fast allen Käsestoff, Zucker und Salze, auch das Fett ist ganz. Sie ist also noch immerhin ein zu schätzendes Nahrungsmittel.

Das Casein wird von der Gesamtmilch getrennt, um als Nahrungsstoff leichter aufgenommen werden zu können. Doch wird bei der Käsebereitung meist mit dem Casein gleichzeitig das Fett der Milch abgeschieden. Die Käse enthalten mehr oder weniger Fett, je nachdem sie aus der ganzen Milch oder aus abgerahmter hergestellt wurden, wonach man auch magere Käse unterscheidet. Die Gerinnung des Caseins wird meist durch Lab, Pankreas, das entweder frisch oder geräuchert und gesalzen in Anwendung kommt, bewirkt, wozu schon eine sehr geringe Labmenge hinreichend ist. Der Käse wird stark gelagert, längere Zeit aufbewahrt, bis er gereift ist. Dieser Zustand der Reife charakterisirt sich dadurch, dass der Käsestoff nun seine Löslichkeit in Wasser wieder erhalten hat, die er vorher das Lab verloren hatte. Es scheint (?), dass dieses darauf beruht, dass sich das Natronphosphat mit dem Käsestoff verbunden hat zu Natronalbuminat, dem die Eigenschaft, sich in Wasser zu lösen, zukommt, sodass der Käsestoff durch das Reife wieder in einen löslichen Zustand übergeführt wird, wie er ihn in der frischen Milch besitzt. Zieht man die Butter aus dem Käse durch Aether aus, so findet sie sich, wie sich erwarten lässt, stark ranzig. Man behauptet Fettbildung im reifenden Käse aus Albuminaten unter dem Einfluss von Wasser.

In der Schweiz kommt auch der Milchkucker in den Handel, den die Hirten aus der Molke abgeseigten Molke durch Eindampfen herauskrystallisiren lassen. Die Tartaren kochen die Milch in alkoholische Gährung, wobei der Milchkucker (zuerst in Lactose und dann in Alkohol umgewandelt wird. Das betreffende alkoholische Getränk führt den Namen «Kumiss».

Von der Käsebereitung zurückbleibende Molke enthält ausser den Salzen und dem Milchzucker auch noch, wenn die Gerinnung vorher durch Lab erfolgte, Albumin, welches erst durch Erhitzen und Säurezusatz gerinnt. Die Wirkung der Molke als Genussmittel fällt ausser auf den Zucker sicher hauptsächlich auf die Milchsäure (cf. Ernährungslehre).

Die Entwicklungsgeschichte der Milchdrüse. — Bei Neugeborenen findet sich die Milchdrüse noch wenig entwickelt, obwohl ihre erste Anlage wahrscheinlich schon in den ersten Monaten des Intrauterinlebens fällt. In der Regel sind erst die Hauptgänge entwickelt, an denen kolbige Anhänge die spätere Verzweigung andeuten. Immer fehlen die Nebenschläuchen. Bei Neugeborenen vom 4ten — 8ten Tag kommt eine Sekretion dieser rudimentären Drüsenanlagen vor, das milchartige Sekret wird als «Hexenmilch» bezeichnet.

Die secernirende Drüse besteht dann aus zahlreichen erweiterten und eng zusammengeschobenen Buchten, welche der Drüse das Ansehen einer Gruppe von Talgdrüsen geben (LANGER). Bei beiden Geschlechtern bildet sich die Drüse bis zu den Pubertätsjahren nicht weiter aus, dann beginnt ein weiteres Wachsthum, das bei männlichen Individuen meist von einer Rückbildung gefolgt wird, während es bei Mädchen zur vollkommenen Ausbildung der Drüse führt. Die eigentlichen

Drüsenbläschen finden sich bei geschlechtsreifen Mädchen. Die Gänge sind dann erst sam, die Bläschen aber sind mit Zellen noch solid ausgefüllt. Alle Elemente sind weiter von einander abgehend. Wie an anderer Stelle schon angedeutet, lässt die Entwicklung der Drüse als eine stetig fortschreitende Knospung bezeichnen, der Wucherung der Epithelien in die Tiefe des Gewebes beruht. Die vollkommene Entwicklung zeigt die Drüse nur während der Ausübung des Saugegeschäfts, mit Aussetzung scheint sogleich die Involution der Drüse zu beginnen; sie tritt wieder in den schilderten Ruhezustand ein, die Drüsenbläschen werden klein, enthalten Tropfen mehr, doch bleibt das gewonnene Lumen der Gänge in die Endbläschen wegsam. Mitunter nehmen bei kräftigen Frauen nach dem Puerperium die Drüsen fast ganz die jungfräulichen Formen wieder an. Der Schwund der Drüse, der männlichen Geschlecht sehr bald eintritt, erfolgt bei dem Weibe in den 40 Jahren. Das Stroma der Drüse schwindet, der Drüsenkörper wird zu einer Scheibe, in der sich nur die Gänge nicht verengert erhalten; sie endigen blind, dünnwandig und kollabirt (LANGER).

**Zur vergleichenden Anatomie der Milchdrüse.** — Die Entwicklungsgeschichte der Milchdrüse an die Hautdrüsen an, bei den in gewissem Sinne niedersten Säugetieren (Monotremen (Schnabelthieren)), unterscheiden sie sich von diesen noch wie bei den beiden Milchdrüsen bilden eine Gruppe von Schläuchen, die einzeln durch die Haut durchsetzen, die an einzelnen Stellen haarlos, aber nicht hervorgewölbt. Sekret wird auf die Oberfläche des Drüsenfeldes ergossen, wo es das Junge. Bei den übrigen Säugethieren finden sich die Drüsenmündungen auf Zitzen, die beim Sagen von dem Munde des Jungen umfasst werden. Zu jeder Zitze gehört ein Drüsencomplex meist mit einer grösseren Auswahl gesonderter Ausführungsgänge, der Zitzen entspricht im Allgemeinen dem Maximum der gleichzeitig fallenden Zahl schwankt zwischen 2—12. Bei den Raubthieren, Insektivoren und Nagern liegen sie in zwei Reihen in der Bauchgegend bis zur Brustregion. Ähnlich bei den Schädern, einigen Beutelhieren liegen sie in Kreisform angeordnet am Bauche. Andere, wie schon erwähnt, die Monotremen haben zwei Milchdrüsen am Bauche. Bei Wiederkäuern und Walfischen liegen sie in der Weichengegend. Bei Elefanten (Seekühe), Bradypus (Faulthier), Fledermäusen und Affen liegen sie wie bei den Menschen an der Brust. Bei Halbaffen kommen 2—4 Milchdrüsen vor, die in der Lage sind. Die Zahl der Milchgänge in einer Zitze ist bei den Affen noch grösser als bei den Menschen. Raubthiere haben 3—10 Oeffnungen, Pferde zwei, Schweine, Wiederkäuer nur einen, sinusartig erweitert. — Bei den Beutelhieren (Marsupialia) umgibt muskulöse Hautduplikatur die zitzen tragende Bauchfläche. Dieses Marsupium nimmt die neugeborenen Jungen, die bei der Geburt noch wenig gereift sind.

### Das Fleisch.

Die Milch ist nicht das einzige vollkommene Nahrungsmittel, die Natur selbst zubereitet. Sie bietet den thierischen Organismen noch andere Nahrungsmittel dar, welche zur Ernährung vollkommen ausreichen. Fleisch und die vegetabilischen Stoffe, welche letztere die Nahrung der Pflanzenfresser ausmachen, und welche theils in grünen Pflanzentheilen, theils in Wurzeln enthalten sind.

Wir müssen annehmen, dass das Fleisch der Pflanzenfresser, wie das Raubthier ernährt, vollkommen den Bedürfnissen des Letzteren entspricht. Es ist diese Thatsache um so leichter verständlich, weil die thierischen Stoffe hier direkt aus einem Organismus in den Andern hertüberwa-



ich vorstellen kann, dass die Stoffe nach ihrer neuen Aneignung von Seite des Fleischfressers in seinem Organismus direkt dieselben Wirkungen werden können, zu denen sie in dem Leibe des Pflanzenfressers schon gedient

nach die Pflanzenstoffe, von denen sich die Pflanzenfresser nähren, müssen kommende Nahrungsgemische angesehen werden, da sie die Erhaltung jener Thiere ohne weiteren Zusatz als Trinkwasser zu besorgen vermögen.

Der Mensch mischt seine Nahrung aus den Stoffen, auf welche die Natur die Thiere, grossen, letztgenannten Thiergruppen angewiesen hat.

Das Muskelfleisch zeichnet sich durch seinen Reichthum an Eiweiss, Kreatin, Phosphorsäure und Kali vor anderen Nahrungsmitteln aus. Es eignet sich durch die Leichtigkeit mit der es bei der Verdauung aufgenommen wird vornehmlich zur Ernährung solcher animaler Organismen, die wie die Fleischfresser verhältnissmässig kleine Verdauungsorgane haben, die darum vegetabilische Nahrung auszunützen vermögen, da diese eine weit grössere Verdauungsarbeit

haben. Neben den Extraktivstoffen bestimmt den Werth des Fleisches sein Gehalt an Eiweiss, Bindegewebe (Leim), Fett und anorganischen Salzen. Im Fleisch finden wir auch reichlich Wasser, da es frisch zu 75% aus Wasser besteht.

Das Fleisch, welches in den Haushaltungen zur Nahrung benützt wird, ist nicht reine Muskelfaser, sondern ist stets, abgesehen von dem gröberen und lockeren Bindegewebe, von dem es durchzogen wird, mit mehr oder weniger Fett durchsetzt und durchwachsen. In diesen beiden letzteren Beziehungen unterscheiden sich das Fleisch der verschiedenen Thierarten sehr wesentlich, während es in der Zusammensetzung seiner Fleischfaser kaum merkliche Unterschiede aufweist. Die Verschiedenheiten, welche die Fleischsorten dem Geschmacke nach darbieten, beruhen theils auf noch nicht näher bekannten flüchtigen Stoffen, welche sich bei der Erhitzung des Fleischsaftes vielleicht theilweise erst erzeugen, theils auf der verschiedenen Mischung des Fettes, das sich nach den Thierspecies verschieden zusammengesetzt zeigt, bald mehr flüssig, bald mehr fest ist. Noch in den Muskeln verhungelter Thiere finden sich 2—3% Fett.

Die nähere chemische Zusammensetzung der Muskelfaser findet bei der Besprechung der Muskelphysiologie ihre Stelle.

**Fleisch verschiedener Wirbelthiere.** — Nach BIBRA liefern 100 Theile gekochte Muskelsubstanz, aus der zuvor alles sichtbare Fett abgetrennt war, folgende Fettmengen:

**Säugethiere (Oberschenkelmuskeln):**

Mensch	7—15
Reh . .	7,3
Hase . .	5,3
Ochs . .	21,8
Kalb . .	40,4
Schaf . .	9,3

**Vögel (Brustmuskeln):**

wilde Gans	8,8
wilde Ente	42,5
Truthahn	43,4
Huhn . .	2—5

Auch in anderen Beziehungen zeigt sich das Fleisch verschieden zusammengefasst aus den zahlreichen Analysen besonders von SCHLOSSBERGER und BURRA hervorgeht. Angaben des Letzteren stelle ich einige in folgender Tabelle zusammen:

## Fleisch verschiedener Thiere:

in 1000 Theilen:	Mensch:	Ochs:	Kalb:	Reh:	Schwein:	Huhn:
Wasser . . . . .	744,5	776,0	780,6	746,3	783,0	773
feste Stoffe . . . . .	255,5	224,0	219,4	253,7	217,0	227
lösliches Albumin {						
Farbstoff . . . . .	49,3	49,9	42,9	49,4	24,0	30
Glutin . . . . .	20,7	49,8	44,2	5,0	8,0	12
Weingeistextrakt . . . . .	37,4			47,5		
Fett . . . . .	23,0	30,0	42,9	43,0	47,0	44
unlösliche Eiweiss- stoffe, Gefässe etc.	455,4	456,3	449,4	468,1	468,4	463

In Beziehung auf die Extraktmenge, die so wesentlich zum Wohlgeschmack tragende Stoffe in sich birgt, haben die älteren Untersuchungen ergeben, dass sie bei Thieren im Allgemeinen bedeutender ist als bei zahmen derselben Gattung. Die Thiere, welche im Leben angestrengter waren, liefern auch mehr Extrakte (J. RANKER). Die Aktion des Muskels auftretende Säure (Milchsäure) scheint das Fleisch wohlriechend und mürber zu machen. Dasselbe erreicht man auf natürlichem Wege durch Liegenlassen des Fleisches, wobei es von selbst stark sauer wird, oder durch Säuerung durch Einlegen in Essig. Die Extraktmengen im Fleische sind aber wenig verschieden; nach BURRA:

## Gesamt-Extrakt

Mensch . . . . .	3 0/0
Reh . . . . .	4 0/0
Taube . . . . .	3 0/0
Ente . . . . .	4 0/0
Schwalbe . . . . .	7 0/0

In der Fleischasche überwiegen die Kalisalze die Natronsalze sehr bedeutend. LIEBIG und HENSEBERG kommen

auf 100 Theile Natron:	
im Fleisch des Huhnes	381 Kali
„ „ „ Ochsen	279 „
„ „ „ Pferd	285 „
„ „ „ Fuchs	244 „
„ „ „ Hecht	497 „

Nach den Untersuchungen der Salze des Ochsenfleisches durch STÖLZEL findet man diesen gar kein Natron:

## Asche des gesammten Fleisches

	Pferd: (WEBER)	Kalb: (STÄFFEL)	Ochs: (STÖLZEL)	Schwein: (ECHENBACH)
Kali . . . . .	39,40	34,40	35,94	35,83
Natron . . . . .	4,86	2,35	0	4,34
Chlorkalium . . . . .	0	0	10,32	0
Chlornatrium . . . . .	4,47	10,59	0	Chlor 0,59
Magnesia . . . . .	3,88	4,45	3,31	4,56
Kalk . . . . .	4,80	4,99	1,72	7,45
Eisenoxyd . . . . .	4,00	0,27	0,98	0,32

	Pferd: (WEBER)	Kalb: (STAFFEL)	Ochs: (STÜTZEL)	Schwein: (ECHEVERRIA)
Phosphorsäure	6,74	48,43	34,36	42,16
Schwefelsäure	0,30	0	3,37	0
Kieselsäure.	0	0,84	2,07	0
Kohlensäure	0	0	8,02	0

gesammtmenge an Asche ist bei den Menschen und Säugethieren etwa 40/0, bei den Vögeln 10/0.

**Lebenschemische Betrachtungen.** — Fleischzubereitung. LIEBIG, dem wir die ausführliche Untersuchung des Fleisches in chemischer Beziehung verdanken, hat auch Gesetze für die Zubereitung als Nahrungsmittel aufgestellt. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass Fleisch im Allgemeinen weniger leicht verdaulich ist als durch Zubereitung (Erhitzen) erhaltenes. Zum Theil beruht dieser Unterschied darauf, dass rohe Fleischstücke vom Magen oft weniger leicht gelöst werden können als gekochte oder gebratene. Dieser Unterschied tritt schon bei linsengrossen Stücken ersichtlich ist, fällt dagegen weg, wenn das Fleisch zerhackt ist. Der Haupteinfluss, den die Zubereitung des Fleisches ausübt, findet auf das Bindegewebe desselben statt. Das Bindegewebe wird in Leim umgewandelt. Die freie Säure, die beim Liegen des rohen Fleisches entwickelt, wirkt bei diesem Umwandlungsprocess bei freier Säure schon bei 60°C. das Bindegewebe in Leim übergeht. Daher wird Fleisch womöglich erst einige Zeit nach dem Schlachten, wenn es möglichst viel Säure zum Genuss zubereitet. In demselben Sinne wirkt Essig. Eine Erhitzung der Fleischstücke auf 60—70°, wie sie bei dem Braten grösserer Fleischstücke eintritt, macht die Stücke leichter verdaulich, leichter in Magensaft löslich, eine Erhitzung über 75—100° macht sie dagegen hornartig fest, weniger verdaulich. Bei höheren Temperaturgraden verfallen sich die Eiweisskörper in Peptone (cf. Magenverdauung).

Fleischzubereitung, um dasselbe als Nahrungsmittel für den Menschen tauglich und schmackhaft zu machen, geschieht eigentlich nur auf dreierlei Wegen: es wird gebraten, gekocht und gedämpft. Durch diese verschiedenen Zubereitungsweisen wird das Fleisch in verschiedener Weise chemisch verändert.

Beim Kochen in Wasser werden dem Fleische seine in heissem Wasser löslichen Bestandtheile entzogen; diese gehen in die Fleischbrühe über, welche ihnen ihren eigentlichen Geschmack und ihre belebende Wirkung als Genussmittel verdankt.

Wenn das Fleisch langsam erwärmt, so löst sich ein nicht unbeträchtlicher Theil von Eiweissstoffen aus dem Muskelsaftpulver auf, welcher bei Steigerung der Temperatur gerinnt zu einer grauen, schaumigen Masse, Fleischschaum, abgeschöpft wird und damit für die Nahrung verloren geht.

Unter den Stoffen, welche aus dem Fleische beim Kochen ausgelaugt werden, stehen die Salze obenan, welche fast alle in die Fleischbrühe übergehen. Im Fleische bleiben hauptsächlich nur die phosphorsauerer Erden zurück.

In den Analysen von KELLER findet sich die Asche des Ochsenfleisches in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

Phosphorsäure . . .	36,60
Kali . . . . .	40,20
Erden und Eisenoxyd . . .	5,69
Schwefelsäure . . . .	2,95
Chlorkalium . . . .	44,84

Die Salze gehen bei längerem Kochen 82,37 0/0 in die Fleischbrühe!

Im Fleische bleiben nur:

Phosphorsäure . .	40,36
Kali . . . . .	4,78
Erden und Eisen . .	2,54



Im Ganzen etwa 18<sup>9</sup>/<sub>10</sub> der ursprünglich im Fleisch enthaltenen Salze. Eine Ver-  
tritt dadurch ein, wenn das Wasser, worin das Fleisch siedet, kalkhaltig ist. Es  
die ausgelaugte Phosphorsäure als phosphorsaurer Kalk wieder auf das Fleisch  
geschlagen.

Der Salzgehalt, ebenso aber auch der Gehalt des Fleisches an löslichen  
Stoffen, welche in die Fleischbrühe übergehen: Kreatin, Kreatinin, milchsäure  
saure Salze etc. ist für den Ernährungswertb des Fleisches von grosser Bedeu-  
tung, wir dem thierischen Organismus die ausgelaugte Fleischfaser, so wird er erst nach  
nothwendigen Salze, die nur für kurze Zeit der Körper selbst liefern kann, um  
daraus Fleisch für seinen Organismus zu bilden. Das ausgekochte Fleisch hat  
Nahrungstoff — Albumin — seinen Werth durchaus nicht verloren, dagegen ist  
als Nahrungsmittel bedeutend herabgesetzt oder vernichtet, weil es nun nicht  
für ein Nahrungsmittel nothige Mischung von verschiedenen dem Organismus ge-  
hörigen Stoffen darstellt.

Bei der gewöhnlichen Art des Fleischsiedens tritt der Auslaugungsprocess nicht  
so rasch in dem Masse ein, wie man es vielleicht aus dem bisher Gesagten entnehmen  
kann. Sobald die Temperatur des Fleisches bis zum Punkte der Gerinnung des Eiweisses  
ist, bildet dieses einen Verschluss gegen das Eindringen des Wassers von aussen  
und das Austreten von Fleischflüssigkeit. Der Auslaugungsprocess erstreckt sich also  
auf eine geringere Tiefe, wenn das Sieden des Fleisches nicht allzu langsam vorgenommen  
wird.

Es ergibt sich aus dieser Betrachtung sogleich die Verschiedenheit der Methoden,  
angewendet werden muss, um entweder ein wohlschmeckendes, saftiges Fleisch  
oder eine gute, gehaltreiche Fleischbrühe zu erhalten. Wenn wir das Fleisch fein wie zur  
Wurstbereitung zerhacken und mit viel Wasser kalt auslaugen, so erhalten wir in die Brühe  
alle löslichen Stoffe des Fleisches. Nach den Untersuchungen von LIEBIG lösen sich  
auf die Weise von 1000 Theilen Ochsenfleisch 60 Theile auf, und zwar 29,5 Theile Albumin  
und lösliche Salze und Extraktivstoffe, welche letztere allein in die heisse Fleischbrühe  
übergehen. Vom Hühnerfleische lösen sich auf die gleiche Weise abgesehen von dem Albumin  
und Extraktivstoffen, nämlich 33,0, sodass daraus die bessere Qualität der Hühnersuppe sich erklärt.  
Im günstigsten Falle könnte also das heisse Wasser aus dem Ochsenfleische nur 24<sup>1</sup>/<sub>10</sub> auf-  
nehmen, welche bei der heissbereiteten Fleischbrühe noch durch eine geringe Menge oberfläch-  
lich liegendes Fett und Leim vermehrt werden würde, welche letzterer aus der Umwandlung  
des Bindegewebes — der leimgebenden Substanzen — hervorgeht. Je jünger das Thier  
war, desto weniger hat noch die Veränderung des Bindegewebes in elastisches Gewebe,  
welches beim Kochen nicht mehr in Leim übergeführt werden kann, Platz gegriffen; um so  
mehr wird also die Fleischbrühe sein. 1000 Theile ausgelaugtes Ochsenfleisch geben 6,4  
Theile trockenen Leim. Offenbar sind die verschiedenen Fleischbrühen von  
verschiedenen Fleischsorten im Leimgehalt sehr bedeutend verschieden.

Bei dem Sieden verliert das Fleisch sehr bedeutend an Gewicht, viel mehr als  
bei der Auflöserung der aufgelosten Stoffe beträgt. Ochsenfleisch verliert 45, Hammelfleisch 40, Hühner-  
fleisch 33,5 Procent an Gewicht durch das Kochen. Es ergibt sich, dass der Wassergehalt  
des Fleisches bei dem Kochen sehr bedeutend vermindert wird. Wenn wir Fleisch  
erhitzen, so sehen wir es sehr bald sich mit Flüssigkeit beschlagen, welche bei  
Untersuchung als Fleischflüssigkeit herausstellt. Es erinnert diese Beobachtung an  
die von LIEBIG beobachtete Ausscheidung von Muskelflüssigkeit, wenn sich der Muskel  
in einer Kohlensäure-Atmosphäre befindet: Die tote Muskelmembran — so  
— verliert die Fähigkeit, ihren flüssigen Inhalt zurückzuhalten. Ein Pfund gekochtes  
Fleisch enthält also abgesehen von dem Verluste an löslichen Stoffen, da es wasserärmer  
ist, mehr nährnde Bestandtheile als ein Pfund rohes Fleisch.

Bringt man das Fleisch direkt in siedendes Wasser und lässt es darin einige  
Zeit kochen, so erhält man eine sehr schwache, wenig schmackhafte Fleischbrühe, die  
wenig Fleischstoffe bleiben fast alle durch die rasch entstandene Eiweissbrühe ge-  
nommen.

eische zurück, aber das Fleisch selbst bekommt einen bratenartigen Geschmack und ist vorzüglich saftig. Der Process des Bratens ist dem eben geschilderten ganz . Das Fleisch wird in Fett erhitzt, durch dessen hohe Temperatur sich sehr rasch in die Flüssigkeit des Fleisches undurchdringliche Hülle bildet, welche durch das einnde Fett für die wässerige Flüssigkeit noch unwegsamer wird. Dadurch wird der Saft vollständig zurückgehalten, sodass das Fleisch saftig und zart bleibt. Es ist selbstver-  
 lich, dass die Erhitzung des Bratens möglichst gleichmässig erfolgen muss; so ist die  
 endigkeit des Uebergiessens des Bratens mit heissem Fett zu verstehen, welches mög-  
 rasch und vollständig seine Oberfläche durch eine geronnene Eiweisschichte vor dem  
 kochen schützt.

ne ganz falsche Ansicht findet sich über die Wirkung der Hitze verbreitet, der wir  
 es zähe, ungeniessbare Stück Fleisch verdanken. Man glaubt, je grösser die Hitze,  
 weicher müsste das Fleisch werden. Beinahe ebensowenig wie wir durch langes Sieden  
 weich bekommen, ist dieses bei dem Fleische möglich. Durch die Siedehitze wird, wie  
 egeführt, die Fleischfaser nach und nach fest und hart, schliesslich hornartig, wovon  
 leicht durch längeres Kochen von gehacktem Fleische überzeugen können.

Fleisch saftig gar zu bekommen, muss es einige Zeit auf einer Temperatur von 60°—  
 halten werden. Bei grossen Fleischstücken regulirt sich die Temperatur von selbst.  
 beobachteten, dass ein eingestecktes Thermometer nicht über 70° im Innern des Stückes  
 bei längerem Braten oder Kochen steigt. Ein sichtbares Zeichen davon ist die noch  
 Färbung des Fleischsaftes im Innern grosser Fleischstücke, welche beweist, dass die  
 nicht auf 70° gestiegen ist, da schon bei 70° die Gerinnung des Blutalbumins und  
 hoffs vollkommen ist.

ei dem Dämpfen des Fleisches, dem Kochen des Fleisches in Wasserdampf, wird  
 Übertragung der höheren Temperatur auf dasselbe dem Wasserdampfe überlassen.

ch beim Braten findet ein Gewichtsverlust Statt: Rindfleisch verliert 49, Hammel-  
 mm- 22, Hühnerfleisch 24% seines Gewichts.

chpräparate. — Gesamtfleisch. Wir haben in dem Fleische, wenn wir es als  
 mittel betrachten, eine Mischung von eiweissartigen Stoffen, Fett, leimgebender  
 z und anorganischen Salzen, denen noch organische Extraktivstoffe beigemischt sind.  
 der Milch ergaben sich eine Reihe von Zubereitungsmethoden, welche einzelne Be-  
 der Mischung herausnahmen, um sie leichter konserviren und verwerthen zu  
 . Wir finden dasselbe bei dem Fleische. Um es leichter zu konserviren, wird ihm  
 entzogen, wodurch es vor der Fäulniss sehr vollkommen geschützt wird. Diese  
 entziehung kann durch Trocknen des in dünne Streifen geschnittenen fettfreien  
 es an der freien Luft geschehen, wie es die Indianerstämme Nordamerikas als Pem-  
 an auf ihre Jagdzüge mit zu nehmen pflegen. Zur Konservirung des Fleisches wird es  
 hermetisch in Blechbüchsen verschlossen und auf 400°C. erzhitzt. Vielleicht könnte  
 (backt) auch im Vacuum getrocknet werden.

Nicht so gründlich ist die Austrocknung durch das Räuchern, wobei die Produkte der  
 destillation noch eine antiseptische, fäulnisswidrige Wirkung entfalten. Aehnlich ist es  
 dem Einsalzen (Pökeln), wobei dem Fleische noch eine grosse Menge Wassers ent-  
 n wird und das Salz das halbgetrocknete Fleisch vor Fäulniss schützt.

Die letztere Methode leidet an einem in die Augen springenden grossen Uebelstand.  
 dem Einsalzen tritt Wasser aus dem Fleische zu dem Salze, mit ihm aber auch die  
 ptmenge der in der Fleischflüssigkeit gelösten krystallinischen Körper und Eiweissstoffe.  
 müssen also das gesalzene Fleisch von demselben Gesichtspunkt wie das gekochte für  
 ntlich in seinem Werthe als Nahrungsmittel beeinträchtigt ansehen. Die Fleischeiweiss-  
 : behalten natürlich auch hier ihren Nahrungswerth an sich, aber sie bedürfen, um im  
 nismus wieder zu Fleisch werden zu können, der Salze wieder, die vom Kochsalz  
 gen wurden. Liebig hat vorgeschlagen, die Salzlake einzudampfen, bis das Kochsalz

herauskrystallisiert und die rückbleibende concentrirte Fleischflüssigkeit zum Essen zu genießen. Gewöhnlich findet man das Salzfleisch von einer weissen Kruste überzogen, rührt dieselbe daher, dass das zum Einsalzen verwendete Kochsalz auch Kalk- und Magnesiumsalze als Verunreinigung in sich enthält. Die Phosphorsäure des Fleischsaftes überwiegt ihnen die bekannten unlöslichen Salze, welche sich auf dem Fleische niederschlagen, wäre weniger zweckmässig, als diese weisse Kruste entfernen zu wollen, die bei der Zubereitung gesetzten Mangel wenigstens theilweise ausgleicht. Der Kaligehalt des Fleischsaftes sinkt von 37,79% der Asche durch Pökeln und Räuchern auf 5,30%, die Phosphorsäure von 44,47 auf 4,74; der Kaligehalt des Ochsenfleischsaftes von 35,94 durch Pökeln auf 24,70, die Phosphorsäure von 34,36 auf 21,44% der Asche.

**Fleischpräparate.** — Fleisch-Eiweissstoffe. Die Fähigkeit eines Theiles der Eiweissstoffe, sich in sehr verdünnter Säure zu lösen, veranlasste LIEBIG zur Bereitung eines Fleischpräparates, welches die Hauptbestandtheile des Fleisches — Eiweiss und Salze — dem Organismus in gelöster, wie wir später noch näher erkennen werden, halb verdauter Form zuführt und welches für Kranke, denen keine feste Nahrung eingenommen werden kann, den Fleischgenuss ersetzen soll. Dieser kalt bereitete Fleischsaft ist in den Arzneischatz aufgenommen. Es ist klar, dass man das zu einem vollkommnen Nahrungsmittel noch Fehlende — z. B. Kohlehydrate — eben so in gelöster Form beifügen kann. Der Fleischsaft hat, da ja dem wässrigen Infuse kein Fett beigegeben wird, zur Bereitung des Infuses — Infusum carnis frigide paratum LIEBIG — dem feinzerhackten Fleische eine sehr verdünnte (1 per mill = 3 Cc. rauchende Salzsäure auf 1000 Cc. Wasser) Salzsäure zu. Schon nach einer halben Stunde lässt sich in der Flüssigkeit, die man häufig umrührt, ein bedeutender Eiweissgehalt nachweisen. Nach dem Abkühlen und ohne Salzzusatz genossen werden, durch Kochsalzzusatz fällt ein Theil des Albumins heraus. Der nicht eben angenehme Geschmack beeinträchtigt den Fortgebrauch dieses Mittels manchmal bald. Nicht ganz sorgfältig bereitet hat der Fleischsaft einen sehr geringen Eiweissgehalt, er kann unter 1% der Flüssigkeit sinken.

Etwas Aehnliches ist der frisch ausgepresste Fleischsaft (cf. Muskel).

Die Fleischextraktivstoffe und Salze enthält das auch vor allem empfohlene Extractum carnis, welches in letzter Zeit von Südamerika in grossen Partien in den Handel kommt. Das Fleischextrakt ist nichts anderes als aus dem Fleisch bereitete, eingedickte Fleischbrühe, welcher kein Leim beigegeben ist. Das Fleischextrakt hält sich jahrelang auch unter der Einwirkung von Luft unverändert. Man kann daraus durch Verdünnung mit Wasser und etwas Kochsalzzusatz Fleischsaft jeder beliebigen Stärke herstellen.

Das Extrakt enthält vor allem die dem Organismus zur Bildung seines Fleisches nöthigen anorganischen Stoffe, Kali und Phosphorsäure, die zur Ernährung nöthig sind. Doch wird Niemand auf den Gedanken kommen können, dass sie allein die Ernährung zu unterhalten. Sie können dazu nur mitwirken, wenn die übrigen nothwendigen Ernährungsbedingungen erfüllt sind, wenn dem Organismus Eiweissstoffe und Fette oder an Stelle der letzteren Kohlehydrate in genügender Menge zugeführt werden. Die organischen Stoffe, welche in dem Fleischextrakte enthalten sind, werden im Sinne der kraftproducirenden Nahrungsmittel (cf. Nahrungsgesetze) wirksam werden können. Dem Gehalt des Extraktes an Kreatinin scheint eine besondere Bedeutung zuzukommen. Aus C. VOIR's Angaben ergibt sich, dass bei der Muskelaktion diese beiden Stoffe zum Zwecke der Kräfteerzeugung verbraucht werden. Zum Theil gehen sie jedoch in den Harn über.

Unser Urtheil über den Nahrungswerth der Fleischbrühe und des gleichwerthen Fleischextraktes ist durchaus nicht gewillt, die Bedeutung dieser Stoffe, welche eine so wichtige Erfahrung dem Gesunden wie dem Kranken gelehrt hat, irgendwie zu bezweifeln. Es steht fest in dem Bewusstsein jedes Arztes und jedes Deutschen, dass der Genuss der Fleischbrühen täglich erquickend, dass dem Fleische



Verth ebenso im Haushalte des Organismus als in unseren Haushaltungen zugeschrieben müssen. Was giebt nach Ermüdung oder in krankhaften Schwächezuständen Kräftigung und Stärkung als eine kräftige Fleischsuppe! Das Fleischextrakt, sagt PARRIS, bietet im Gefolge eines Truppencorps den schwerverwundeten Soldaten ein Stärkungsmittel dar, welches mit etwas Wein seine durch grossen Blutverlust geschwächten augenblicklich hebt und ihn in den Stand setzt, den Transport in das nächste Hospital zu machen. Selbstverständlich darf neben dem Extrakt andere konsistente Nahrung nicht fehlen. Wir wissen aus den Untersuchungen von J. RANKE, KEMMERICH u. A., worauf abgesehen von dem direkten Werth als Nahrungsmittel diese belebende Wirkung der Fleischbrühe beruht. Es sind die Extraktivstoffe, die sauren, phosphorsaureren Salze, die sie in grosser Menge enthält, so wie die Milchsäure und ihre sauren Salze, welche eine belebende Wirkung in geringeren Dosen besitzen. Dazu kommt noch der angenehme Geruch und Geschmack des Fleisches, der in Schwächezuständen gewöhnlich noch sehr lebhaft angenehm empfunden wird als sonst. Wir haben in der Fleischbrühe nicht nur Nahrungsmittel, sondern auch ein von der Natur selbst uns zubereitetes Nervenreizmittel. Seine angenehmen, durch schädliche Nachwehen nicht belästigenden Wirkungen haben uns, dass es für den geschwächten Organismus kaum ein entsprechenderes Heilmittel geben kann. J. WEIDEL hat in der letzten Zeit im Fleischextrakt als einen Bestandtheil einen dem Theobromin ganz nahe stehenden Stoff gefunden.

Unsere Betrachtungen räumen dem Salzgehalt in den Nahrungsmitteln eine sehr wichtige Rolle ein, nachdem wir nun wissen, dass derselbe wenigstens eine doppelte Funktion als Nahrungsmittel und als Reizmittel zu erfüllen hat; besonders sind es die weitverbreiteten, namentlich phosphorsaureren Salze, welche für uns an Bedeutung gewinnen.

Über die Wirkung der Milchmolke haben wir schon den Gedanken ausgesprochen, dass sie ihre stärkende Wirkung vielleicht ihrem Salzgehalt, der mit dem des Fleisches in qualitativer Beziehung nahe übereinstimmt, verdanken könnte. Das Gleiche gilt von Bier, gutem Weine, Pflanzensäften, Gemüse, deren ungemeine Wirkung für die Erhaltung einer gesunden Ernährung auf Schiffen und in Gefangenenhäusern so deutlich hervortritt, indem ohne sie Skorbut fast unvermeidlich ist.

Wir machen darauf aufmerksam, dass die Salze sicher auch für den Verdauungsprocess thätig werden. Sie thun dieses auch in einem indirekten Wege, indem sie durch die ihnen vermittelten Geschmacksreize und Reize der Magenschleimhaut, sowohl die Absonderung als die Absorption des Magensaftes befördern. In erster Beziehung ist besonders die schmeckbaren organischen Stoffe des Fleischextraktes wirksam. Wir wissen wie stark unter ihrer Einwirkung bei dem Essen die Speichelsekretion eintritt; im Hungrigen beginnt sie schon in hohem Masse bei dem Riechen des Bratens, noch ehe die Lippen berührt haben.

**Fleischpräparate. — Leim.** Etwas ganz anderes als Fleischextrakt sind die sogenannten Bouillontafeln, die ihrer Hauptmasse nach aus Leim bestehen. In früherer Zeit suchte man den Werth der Fleischbrühe hauptsächlich in ihrem Leimgehalte; man stellte Gallertmischungen dar, die viel reicher an Leim waren als die aus Fleisch dargestellten; durch Kochen der Knochen in verschlossenen Gefässen (PAPIN'schen Töpfen) bei erhöhter Dampfspannung. Auf diese Weise erhält man neben Fett 28% Gallerte (trockene). Man kann beide: Fleischsuppe und Gallertsuppe, leicht dadurch unterscheiden, dass man sie bei 400° einstellt und den Rückstand mit Alkohol behandelt. Das Fleischextrakt soll sich zu  $\frac{4}{5}$  in Alkohol auflösen, während von der Bouillontafel fast Nichts in Lösung geht.

Die Gallertsuppe mit dem nöthigen Fleischzusatz genossen, kann ein Nahrungswerth abgesprochen werden. Ebenso anderen aus Leim bestehenden Gerichten: den aus Knochen, Hausenblase dargestellten Gelatinen, den Kalbsfüssen selbst etc.

**Fleischpräparate. — Fett.** Das Fleisch (Ochsenfleisch), das vom Metzger geholt wird, enthält im Grossen und Ganzen etwa 33% Fett.

Die Fette der verschiedenen zur Nahrung verwendeten Fleischsorten sind ähnlich zusammengesetzt.

Das Menschenfett, welches durch den Fettenuss erzeugt werden soll, schmilzt bei 25°C. und ist aus den Glyceriden der Stearinsäure, Palmitinsäure und zusammengesetzt. Seine Elementaranalyse ergibt nach CHEVREUL:

C 79,00

H 11,42

O 9,58

Nach demselben Autor zeigen die anderen Fettsorten: Schweineschmalz, Hammeltalg genau die gleiche elementare Zusammensetzung, obwohl die Quantitäten dieser verschiedenen Fetten nicht harmoniren:

Schweineschmalz:	Hammeltalg:
C 79,10	79,00
H 11,45	11,70
O 9,75	9,30

Hammeltalg und Rindertalg bestehen qualitativ aus den gleichen Glyceriden. Menschenfett, doch überwiegen in beiden, noch mehr in dem zweiten, die *laurinsäure* (Stearinsäure) weit über die Oelsäure. Das Schweineschmalz besteht fast nur aus *laurinsäure*- und Oelsäure-Glycerid. Das Gänsefett ist quantitativ dem Menschenfett am nächsten zusammengesetzt.

Der Leberthran, zu unterscheiden von dem Fischthran, aus dem Fische und Robben bereitet, wird in neuerer Zeit als medicinisches Nahrungsmittel verwendet. Es wird aus den Lebern verschiedener Gadus- (Schellfisch-)arten (z. B. *G. carbonarius*, *G. pollachius*, *G. morrhua* besonders in Norwegen dargestellt. Der Leberthran wird durch freiwilliges Ausfließen des Oels aus den aufgeschlachten Lebern, der gelbe durch Auspressen und Auskochen gewonnen. Er besteht hauptsächlich aus Oelsäureglycerid, flüchtige Fettsäuren, Gallenstoffe, geringe Mengen: 0,03% Jod. Unter seinen Mineralbestandtheilen findet sich phosphorsaurer Kalk, wodurch die Knochenbildung wichtig werden kann.

Das Drüsengewebe der Thiere schliesst sich als Nahrungsmittel dem Fleisch an, ebenso die Eier, Leber, Milz, Nieren, Gekröse etc., auch das Gehirn und Mark. Das letztere ist besonders reich an Fett. Die specielle Zusammensetzung dieser Organe findet sich bei ihrer physiologischen Betrachtung abgehandelt. Sie enthalten niedrigere Albuminate, Protagon oder Lecithin, Fette, Kohlehydrate (in der Leber die Glykogensubstanz), phosphorsaures Kali und andere wichtige Blutsalze, Wasser, spezifische Bestandtheile, Extraktivstoffe. Ihre Zusammensetzung ist dem Fleische mehr oder weniger ähnlich. Hier möge nur eine Tabelle über die mittlere Zusammensetzung der hauptsächlichsten thierischen Nahrungsmittel nach der Zusammenstellung MOLESCHOTT's stehen:

#### Thierische Nahrungsmittel:

	Fleisch von			Leber der	
in 1000 Theilen:	Säugethieren	Vögeln	Fischen	Wirbelthiere	Hühnerleber
Wasser . . . .	728,75	729,83	740,82	720,06	725,34
Albuminate . . .	174,22	202,61	137,40	128,20	194,34
Collagen . . . .	34,59	44,00	43,88	37,38	—
Fett . . . . .	37,15	19,46	45,97	25,04	116,37
Kohlehydrate . .	—	—	—	56,26	3,74
Extraktivstoffe .	16,90	24,41	46,97	—	—
Salze . . . . .	11,39	12,99	14,96	14,06	10,24

**Freiwillige Veränderungen des Fleisches.** — In gesundheitlicher Beziehung ist die Veränderung wichtig, die das Fleisch freiwillig erleidet. Schon im lebenden Thiere finden sich wesentliche Schwankungen in der Zusammensetzung seines Muskelfleisches.

chlich auf die Veränderung seines Wasser-, Salz-, Fett- und Extraktgehaltes beziehen. Ernährungswerth ist wichtig, dass das gemästete Fleisch sehr viel reicher an festen Stoffen ist als das ungemästete, sodass der reale Werth des gemästeten Fleisches, durch geringeren Wassergehalt und gesteigerten Fettgehalt, den des mageren sehr bedeu-  
bertrifft. Z. B. mageres Schweinefleisch hatte nach meinen Bestimmungen 21,00% Wasser, ein fettes Stück von demselben Thier dagegen 22,20%. Die verschiedenen Mus-  
selben Thieres zeigen eine Verschiedenheit in ihrem Wassergehalte. Bei Kaninchen-  
muskeln fand ich die festen Stoffe zu 23,90%, das Herz enthielt dagegen nur 21,60%.  
L. Bischoff differirt der Wassergehalt zwischen der Stammuskulatur und dem Herzen  
in Menschen ebenfalls um mehrere Procente im gleichen Sinn wie bei den Kaninchen.  
sich gehetzter Thiere (Jagdthiere) soll ungesund sein. Ebenso das von Thieren, die  
an solchen Krankheiten gestorben sind. Der Leber des Eisbären werden giftige Eigen-  
schaften zugeschrieben. Ueber die Ursachen dieser Schädlichkeiten ist noch wenig Sicheres  
bekannt. Die rasche Fäulniss des Fleisches, die nach Krankheiten eintritt, spielt in dem  
Fall sicher eine Hauptrolle.

Am Tage des Todes des Thieres macht das Fleisch in analoger Weise, als wenn es vom  
Tode getrennt ist, gewisse regelmässige Veränderungen durch. Zuerst verschwindet die  
neutrale Reaktion des Fleisches und macht einer ansteigenden saueren Reaktion  
Platz. Das Myosin wird dadurch gefällt, das frisch sehr elastische, weich anzufühlende  
Fleisch wird starr, fester (Todtenstarre). Es findet eine Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe  
von Kohlensäure statt. Auf der Höhe der Säurebildung ist das Fleisch für die Zubereitung  
am schicktesten, da sich die leimgebenden Gewebe nun am leichtesten in Leim verwandeln.  
Besonders ist diese Säuerung, die auch durch künstliche unterstützt werden kann, für  
das Fleisch des Wildes zur Zubereitung erforderlich. Durch die Einwirkung des Luftsauer-  
stoffs bildet sich, besonders rasch bei höheren Lufttemperaturen z. B. im Sommer, ein ober-  
flächlicher Fäulnissprocess, der mit Aufnahme von Sauerstoff, Abgabe von Kohlensäure und  
Wasser und mit Bildung ammoniakalischer, riechender Zersetzungsprodukte des Fleisches  
als Fettes einhergeht. Durch Kälte (Eis) kann dasselbe hintangehalten werden, ebenso  
auch durch Eintauchen des Fleisches in starken Alkohol. Endlich geht bei dem  
Fortschritt dieser fauligen Zersetzung die saure Reaktion des starren Fleisches von der  
Säure fortschreitend in eine alkalische über, die Starre, das Myosingerinnsel, löst sich,  
das Fleisch fühlt sich wieder weicher an. Hat sich dieser Zustand in höherem Masse aus-  
gebildet, so wird der Genuss des Fleisches und der Fleischspeisen schädlich. Besonders in  
Fällen von Würsten, Schwartenmagen etc. wird derartig schlechtes Fleisch noch häufiger  
genossen, daher sind die Wirkungen des Wurstgiftes besonders bekannt. Die Giftigkeit  
des Wurstgiftes tritt meist früher ein als die Fäulniss sich durch Geruch deutlicher kund gibt,  
bei ähnlichen Giften, wie Leichengift, das sich auch in Thierleichen entwickeln kann,  
ebenso ist. Von Interesse ist eine Beobachtung in dieser Hinsicht, die ich u. A. an  
Würsten gemacht haben, welche nach oberbayrischer Sitte aus dem Darm, in den sie  
zur Gewinnung der Form gefüllt wurden, nach der Anfertigung wieder herausgestrichen  
wurden zur Konservirung der Form oberflächlich gesotten werden. Sie bestehen aus ge-  
wöhnlichem Kalbfleisch (Wollwürste) und haben also fertig keine Darmhülle. Diese Würste  
leuchten nach ein bis zwei Tagen, bei mittlerer Temperatur aufbewahrt, zu leuchten mit  
einem starken phosphorescirenden Lichte. Ob diese Erscheinung mit dem aus der Herstel-  
lung stammenden Ueberzug von Darmschleim zusammenhängt, ist noch nicht konstatiert.  
Im Fortschritt der Fäulniss, wobei sich die Oberfläche mit einer alkalischen schmie-  
rigen Schichte überzieht, hört das Leuchten auf. Diese leuchtenden Würste werden  
ebenso noch, wie es scheint, meist ohne Schaden, gegessen.

Das Wesen des Wurstgiftes ist noch nicht aufgeklärt. Vielfältig denkt man als Ursache  
an verschiedene pflanzliche Organismen, Pilze. In der neueren Zeit ist man darauf aufmerksam  
geworden, dass mit Fäulen, bei denen Wurstgift wirklich vorhanden ist, sich auch andere  
Gifte finden, bei denen durch Wurst oder Fleisch (von Schweinen) Trichinen lebend in den



Körper in grosser Anzahl eingeführt werden, deren Wanderungen aus dem Darm durchbohren, in die Muskeln, in denen sie sich encystiren, mit einer Vergiftung selbste Erscheinungen hervorbringen.

Besonders durch das Schweinefleisch können auch Cysticerken (Finnen) in den Darmkanal eingeführt werden, die Anlass zur Bildung von Bandwürmern werden.

Durch Siedehitze werden diese Organismen getödtet, das Fleisch, das unschädlich.

Fig. 59.



Eingekapselte Trichine beim Menschen. a Muskelfaden; b Kapsel; c Wurm.

sauerer Ammoniakmagnesiakrystalle. Ueber Cysticerken und Trichinen im Mikroskop Aufschluss. (Fig. 59.)

Zur Untersuchung des Fleisches. — Ueber saure oder alkalische Reaktion gibt eine Prüfung mit blaues oder rothes Lakmuspapier, das durch Säuren geröthet wird und ein Cysticerken gelbe Farbe durch Alkalien gebräunt wird, einen Aufschluss. Man drückt ein kleines Stückchen des aufzusuchenden Fleisches auf ein grösseres Stück des rothen oder blauen Lakmuspapier; es entsteht dann ein rother resp. brauner Fleck. Wenn blaues Lakmuspapier wird durch Alkalien geblaut, was fast noch sicherere Resultate als mit Curcumpapier, schrittweise Faulniss diagnosticirt. Das Geruchsorgan der Menschen, bei oberflächlich riechendem Fleische sind oft die inneren noch auf dem Maximum ihres Säuregehaltes; das ganz noch gesund zu geniessen sein, da die Faulnissprodukte durch Kochen zerstört werden. Bei eigentlicher Faulniss im Mikroskop die bei der Harnfaulniss zu beschreibenden Faulnissorganismen und die Sargdeckelformationen der saueren Ammoniakmagnesiakrystalle. Ueber Cysticerken und Trichinen im Mikroskop Aufschluss. (Fig. 59.)

#### Getreide und andere vegetabilische Nahrungsmittel.

Der Wilde ist im Stande von Fleisch allein, dem er nur noch Speisepflanzen zusetzt, zu leben. Die Gesittung der Welt ist an die Kenntniss des Ackerbaues geknüpft. Dieser macht es möglich, dass auf einen verhältnissmässig kleinen Raum zusammengedrängt eine bedeutende Anzahl von Bewohnern ihren Lebensunterhalt zu finden vermag, während der Jäger jeden Freizeit das Jagdgebiet betritt, von dem er seine mühselig erkämpfte spärliche Nahrung zieht, als seinen natürlichen Feind betrachten muss. Die Civilisation, die geselligen Zustände der Menschen wurzelt, hat ihren letzten Grund in der gleichmässigen, gleichzeitigen mühelosen Art, mit welcher der Ackersmann im Verhältniss zum Jäger nicht nur Nahrung für sich, sondern auch für andere, die nicht auf den Feldern arbeiten, zu gewinnen vermag.

Diese Wahrheiten können unmöglich praktischer und einschlagender dargestellt werden als in jener Rede eines nordamerikanischen Häuptlings, CATVECOTA aufbewahrt hat, mit welcher jener seinem Stamme, den MICHIGAN, den Ackerbau rath:

«Scht ihr nicht, dass die Weissen von Körnern, wir aber von Fleisch leben? Dass das Fleisch mehr als 30 Monate braucht, um heranzuwachsen und zu reifen ist? Dass jedes jener wunderbaren Körner, die sie in die Erde streuen, mehr als hundertfältig zurückgibt? Dass das Fleisch, wovon wir leben, nur zwei Beine hat zum Entfliehen, wir aber deren nur zwei besitzen, um es zu verfolgen? Dass die Körner, da wo die weissen Männer sie hinsäen, bleiben und nicht weichen? Dass der Winter, der für uns die Zeit unserer mühsamen Jagden, für

ist? Darum haben sie so viele Kinder und leben länger als wir. Ich jedem, der mich hören will, bevor die Cedern unseres Dorfes vor Alter gestorben sein, und die Ahornbäume des Thales aufhören, uns Zucker wird das Geschlecht der kleinen Kornsäer das Geschlecht der Fleisch- ilgt haben, sofern diese Jäger sich nicht entschliessen zu säen. Ein welthistorisches Wort!

Grund, warum die Menschheit seit den ältesten Zeiten auf den Anbau r- und Hülsenfrüchte gekommen ist, scheint von physiologischer Seite, der zu sein, dass diese eingeschlossen in eine unlösliche, ungeniess- eine Mischung von Nahrungsstoffen enthalten, welche in allen Bezie- er Milch sehr ähnlich ist. Wir finden hier die gleichen anorganischen Salze des Blutes, vorwiegend Kali und Phosphorsäure, reichlich ge- it organischen Stoffen, welche theilweise der Gruppe der Albuminate, der Kohlehydrate und Fette angehört. Doch sind letztere nur in ge- nge vorhanden.

Hauptbestandtheile sind, wie uns aus der Zellenchemie schon bekannt, die Pflanzeneiweissstoffe, das Stärkemehl und die Salze.

sche Zusammensetzung. — Es bleiben uns noch die Aschenbestandtheile des Getreides zten. Nach WILL und FÄRESENUS enthält in 100 Theilen Asche

rother Weizen:	weisser Weizen:
Kali . . . . . 21,87	33,84
Natron . . . . . 15,75	—
Kalk . . . . . 1,93	3,09
Magnesia . . . . . 9,60	13,54
Eisenoxyd . . . . . 1,36	0,31
Phosphorsäure . . . . . 49,36	49,21
Schwefelsäure . . . . . —	—
Kiesel Erde . . . . . 0,15	—

nd ist es, wie vollkommen in diesen Pflanzengeweben das eine Alkali das andere kann, wie die zweite der Tabellen lehrt, während bei den Thieren und ihren die einzelnen Alkalien so verschiedene Wirkungen hervorbringen.

Mehl, welches man aus den Getreidefrüchten bereitet, weicht je nach seiner grö- ler geringeren Reinheit an Kleie von der Zusammensetzung des Gesamtkornes ab. nd, dass die Pflanzeneiweissstoffe, der Kleber in den äusseren Theilen des Kornes erer Menge angehäuft seien, wie in den inneren, so dass also derjenige Antheil des welcher bei der Kleie bleibt, gerade der albuminreichste ist. Das Mehl in der Kleie is zur Hälfte mehr Eiweisssubstanzen als das Mehl von dem Kerninnern. Es recht- ich daraus der Gebrauch einiger Gegenden, aus dem Gesamtmehl mit der Kleie d zu backen, wie es in Westphalen bei dem als Pumpnickel bekannten Brode it.

erschiedenen Getreidearten weichen bis zu einem gewissen Grade in der Zusam- ung von einander ab.

Theile trockenes Mehl enthalten

Eiweissstoffe:	Stärkemehl:
Weizen . . . . . 46,52 0/0	56,25 0/0
Roggen . . . . . 41,92 „	60,94 „
Gerste . . . . . 47,70 „	38,31 „
Mais . . . . . 43,65 „	77,74 „
Reis . . . . . 7,40 „	86,21 „
Buchweizen . . . . . 6,88—10,5 0/0	65,05 „

Zur ärztlichen Mehlanalyse. — Um Roggenmehl auf M prüfen, überschüttet man etwas von dem Mehle in eine Glasrohre (Prober) gleichen Volum Essigäther, fügt ein wenig Oxalsäure hinzu und erhitzt eine Minuten lang zum Kochen. Wenn Mutterkorn im Mehl vorhanden war, so dem Erkalten die über dem Mehl stehende Flüssigkeit mehr oder weniger rot (BÖTTGER). —

Die Praxis hat seit lange den Buchweizen zu den Getreidefrüchten gezählt. Die chemische Analyse bestätigt dieses vollkommen, da sie besonders eine fast absolute Übereinstimmung des Buchweizens mit dem Roggen bemerkt, die vor allem auch in der Zusammensetzung deutlich sich herausstellt.

Die Hülsenfrüchte stehen in ihrer Zusammensetzung den Getreidearten nahe. Sie enthalten auch Lecithin und Cholesterin. Es überwiegt bei ihnen der Gehalt an stickstoffhaltigen Stoffen ziemlich bedeutend. Diese werden hier mit dem Namen Legumin oder Pflanzencasein bezeichnet. Es rührt dieser Name daher, dass sie sich in der Milch analog verhalten.

Wenn man Erbsen, Bohnen oder Linsen, welche einige Zeit in lauem Wasser gewaschen, zu einem Brei zerreibt und diesen durchsiebt, so bildet sich in der Flüssigkeit, die schon dem Aussehen nach eine Ähnlichkeit mit Milch besitzt, ein Niedersatz, der aus Stärkemehl besteht; das Pflanzencasein bleibt gelöst. Die Flüssigkeit färbt sich an und nimmt leicht von selbst durch Milchsäurebildung wie die Milch eine saure Beschaffenheit an, die rasch zunimmt und das Casein gerinnen macht, so dass sich dieselbe nach 24 Stunden ausgeschieden hat. Die Flüssigkeit besteht dann zu einer zarten Masse. Man kann die Flüssigkeit ebenso wie die Milch durch Sieden vor dem Gerinnen schützen, wobei gerade wie dort eine Haut auf der Oberfläche entsteht.

**Pflanzenkäse.** — Die Chinesen bereiten auf die angegebene Weise aus Erbsen einen wirklichen Käse, den sie Toa-foe nennen, und den man häufig auf den Canton verkaufen sieht. Er enthält natürlich auch noch Stärke neben dem Casein, ist aber sonst ebenso gesalzen und zubereitet wie Käse.

Zucker, der in allen Getreidearten sich findet, kommt bei den Leguminosen, mit Ausnahme der Zuckerbohne, nicht vor. Dagegen findet sich in ihnen wie im Getreide Gummi und Fett, jener wachsartige Körper, der sich fast aus allen Pflanzentheilen gewin-

Nach den Analysen von HORSFORD und KROCKER enthalten 100 Theile trocken-

	Erbsen	Bohnen	Linsen	Stärkemehl
Stickstoff	2,82	2,84	2,84	1,75
Phosphor	0,12	0,12	0,12	0,12
Chlor	0,02	0,02	0,02	0,02
Wasser	10,74	10,74	10,74	10,74
Albuminate	4,46	4,46	4,46	4,46
Kohlehydrate	39,44	39,44	39,44	39,44
Fette	0,87	0,87	0,87	0,87
Salze	1,52	1,52	1,52	1,52

Die Asche der Hülsenfrüchte zeigt einen geringeren Phosphorsäuregehalt, eine bedeutendere Menge von Schwefelsäure als die Getreideasche und reichlich Chlor.

Hier lassen sich die achten Kastanien anschließen, die verhältnissmässig stickstoffreich sind, wenigstens reicher als die Kartoffeln; sie enthalten in 100 Theilen

Wasser	53,74
Albuminate	4,46
Kohlehydrate	39,44
Fette	0,87
Salze	1,52

Die Kartoffel unterscheidet sich von den bisher genannten Früchten nicht nur durch ihren weit höheren Wassergehalt als diese, wodurch ihr Nährwerth das gleiche Gewicht bedeutend herabgesetzt wird. Während der Wassergehalt der genannten Samen etwa 14 % beträgt, und nach den besten Untersuchungen höchstens 19 % schwankt, stellt sich der Wassergehalt der Kartoffel zwischen 79 und 80 % so dass sie demnach nur zwischen 19–20 % feste Theile enthält.



**Zellen**, aus welchen die Knolle der Kartoffel besteht, finden sich an den Wänden **kleinen** abgelagert; übrigens sind sie mit Flüssigkeit gefüllt, in welcher die **festen Bestandtheile** gelöst sind: Eiweiss und eine Spur  $\frac{1}{1000}$  eines nichtgiftigen **hellen** Stoffes, der nach seinem Vorkommen im Spargel den Namen **Asparagin** hat. Der Saft der frischen Kartoffel ist sauer von Phosphorsäure, Salzsäure und Aepfelsäure; Schwefelsäure fehlt in ihm. Die Zellenhüllen unterscheiden sich von der Zellulosefaser — der meisten übrigen Pflanzen dadurch, dass sie durch Kochen gallertig verdünnte Säuren in Zucker und Gummi verwandelt werden, so dass sie also mit **Leichtigkeit** beitragen können. In den Keimen der Kartoffeln entwickelt sich eine giftige **Substanz**, das nicht krystallisirbare Solanin, welches in ungekeimten Kartoffeln **enthalten** wird. Wenn Kartoffeln frieren, so zeigen sie sich nach dem Auftauen zucker-süß. Man muss die gefrorenen Kartoffeln, die ohne allen Schaden gegessen werden können, so lange sie nicht gefault sind, dadurch vor dem Welken und der Fäulniss bewahren, dass man sie gefroren erhält, wenn man sie nicht sogleich verwenden kann. Der **Grund** der normalen Struktur der Zellhüllen. Das Welkwerden kommt von einer raschen Wasserverdunstung durch die Zellhüllen, die ihre **Lebenseigenschaft**: Wasser **abgeben**, verloren haben (ähnlich wie bei der Fleischfaser).

Der Stärkegehalt der Kartoffeln schwankt zwischen 46% und 23% der frischen Kartoffel. Der Eiweissgehalt beträgt etwa 2,5%.

Die trockene Substanz berechnet ergibt sich der Eiweissgehalt etwa zu 8%, der Stärke zu 70,8%.

Die Kartoffel asche wiegen die Alkalien vor: 60% Kali, dagegen tritt die Phosphorsäure 10% ein. Die Asche enthält Schwefelsäure 8%; da sie in dem Saft fehlt, so muss sie bei dem Verbrennen des Eiweisses der Kartoffel bilden. In 100 Theilen Kartoffel-Asche nach Way:

Kali . . . .	46,96
Chlorkalium .	8,44
Chlornatrium .	2,44
Magnesia . .	13,58
Kalk . . . .	3,35
Phosphorsäure	44,94
Schwefelsäure	6,50
Kieselerde . .	7,17

**Praktische Betrachtungen.** — Die Zubereitung der Feldfrüchte zum Genuss für den Menschen lässt sich nach denselben beiden Gesichtspunkten betrachten wie die Zubereitung der besprochenen Nahrungsmittel. Auch hier will man entweder die ganze Frucht, in der Natur darbietend, verwenden, oder nur einzelne Nahrungsbestandtheile derselben.

In einem anderen Sinne haben wir jene Käsebereitung aus Hülsenfrüchten schon besprochen. Es gehört auch die Stärkemehlgewinnung aus den Kartoffeln und Getreidesamen, ebenso die Branntweinbrennerei aus Kartoffeln, bei welchen das Stärkemehl zuerst und dieser dann in Alkohol umgewandelt wird. Der Rückstand, welcher von der Zubereitung in beiden Fällen bleibt, hat noch einen hohen Nahrungswerth. Es enthält Schleim und die Trebern noch fast alle Eiweisskörper und einen Theil der stickstoffhaltigen Bestandtheile, wodurch sie als Viehfutter einen hohen Werth behaupten.

— Wichtiger für unsere Betrachtung ist die Bereitung des Mehles zum Brode. Dabei wird das Mehl in eine chemische und physikalische Beschaffenheit übergeführt, sowohl von den Kauwerkzeugen gehörig bearbeitet als auch von den Verdauungsorganen verändert werden kann.

Die Stärke ist an sich für den menschlichen Organismus kaum in grösseren Quantitäten nützlich. Sie wird es aber durch die gleichzeitige Einwirkung von Hitze und Feuchtigkeit, welche sie in den gequollenen Zustand überführt. Während diese beiden Agentien

auf die Stärke einwirken, bleiben sie auch nicht ohne Einfluss auf die Einwirkung des Mehles. Diese fangen an sich zu zersetzen und als Fermente, als Gährungserreger auf Zucker zu wirken, welcher schon anfänglich in den Getreidesamen vorhanden ist, und im Mehle noch weiter erzeugt, wo er unter Umständen 3—4 Procent betragen kann. Während also die Stärke löslich wird, geht gleichzeitig ein Process der Alkoholgährung und Kohlensäureentwicklung in dem Teige vor sich.

Bei dem Backen des Brodes wird diese Alkoholgährung, welche schon an und für sich im Teige, aber nur langsam erfolgt, durch künstliche Gährungsmittel, welche man gleichmässig dem Teige zumischt, in höherem Masse und gleichzeitig im ganzen Brode geregelt. Es wird dem Teige zu diesem Zwecke entweder Hefe oder Sauerteig zugesetzt. Letzterer ist ein Stück Teig, welches längere Zeit aufbewahrt, in starke Gährung übergegangen ist. Als Sauerteig — er hat seinen Namen davon, dass die Gährung nicht auf Alkoholbildung stehen bleibt, sondern bald auch saure Produkte: Milchsäure erzeugt wird von der letzten Brodbereitung immer ein Theil des Brodteiges aufgehoben. In der Lande zwischen dem Backen eine längere Zeit verläuft, wird er natürlich stärker und giebt dadurch Veranlassung zu der gewöhnlich sauren Beschaffenheit des Landbrodes.

Die Gasentwicklung bei der Gährung, welche man vor dem eigentlichen Backen in einem gewärmten Raume erfolgen lässt — Gehen des Teiges — hat vor allem mechanischen Zweck der Auflockerung. Der Brodteig wird so zäh gemacht, dass die entwickelten Gasblasen in ihm nicht wie in einer Flüssigkeit an die Oberfläche aussteigen können; sie bleiben an dem Ort ihrer Entstehung und dehnen sich hier bei steigender Hitze aus. Daher erlangt das gute Brod seine lockere Beschaffenheit, die es vor den ungelungenen, speckigen als ein weit besser verdauliches Nahrungsmittel auszeichnet.

Bei dem gewöhnlichen schwarzen oder Roggenbrode wird dem Mehle nur noch Salz und Kochsalz zugesetzt neben dem Stückchen alten Mehlteig, der die Gährung übernimmt. Bei dem Weissbrode aus Weizenmehl bestehend, wird die Gährung durch Hefe hervorgerufen.

Nur den Kunstbackwerken werden noch Milch, Butter oder Eier zugesetzt, wodurch natürlich ihr Nahrungswerth sehr gesteigert werden kann. Sie spielen aber im Vergleich zu den besprochenen Volksnahrungsmitteln: Schwarzbrod in Deutschland und Weissbrod in England und Frankreich, eine nur verschwindende Rolle.

Bei dem Backen wird das Brod durch eine harte Kruste vor dem allzustarken Verdampfen des Wassers geschützt. Diese Kruste, welche die Einwirkung der Hitze im höchsten Grade erfahren hat, ist zum Theil durch Röstung zersetzt, ein Theil ist in Stärkegummi, ein Theil noch weiter verändert. Die gebildeten Zersetzungsprodukte gehören wesentlich zum Wohlgeschmack des Brodes. Auch die Zuckerbildung geht während des Backens nicht aufhört, so dass z. B. die gebackenen Semmeln mehr Zucker enthalten als der ungedeckte Teig, da die in heissem Wasser gequollene Stärke beim Erhitzen sich in Stärkegummi verwandelt, was durch verdünnte Säuren noch beschleunigt werden kann.

Stärkemehl. — Es ist hier noch zu erwähnen, dass das Stärkemehl der verschiedenen Früchte in der chemischen Zusammensetzung identisch ist. Das Kartoffelstärkemehl (Fig. 60) unterscheidet sich chemisch nicht von dem Arrowroot (Pfeilwurzelsstärke) ebensowenig von der Sago-Stärke aus dem Marke der Palmen, oder von der Stärke des indischen Moores. Die Gestalt der Stärkekörnchen zeigt wie ihre Grösse bei den verschiedenen Pflanzensorten Verschiedenheiten. Das Kartoffelstärkemehl des Handels ist eine sehr reine Substanz, welcher fast alle verunreinigenden Beimischungen fehlen: es enthält nur eine Spur von mineralischen Stoffen, besonders phosphorsaure Salze, und eine ganz kleine Menge eines wachsartigen Pflanzenfettes etwa 0,5 pro mill.

Zucker. — Ueber den Zucker als Nahrungstoff bedarf es hier keiner weiteren Auseinandersetzungen mehr, da wir das Nöthige schon bei der Besprechung des Zellenbaues beigebracht haben.

stens für Pflanzenfresser ist auch die Cellulose, Holzfaser in ziemlichem Masse, wie HÄRNER u. v. A. fanden. Für den Menschen scheinen nur die zartesten Arten (z. B. in den Kartoffeln) verdanlich

Der Zucker wird ausser als Gewürz, neben Stärkemehl auch in den Gemüsen in ziemlichlicher Menge genossen. Der Zuckergehalt des Obstes besteht zum über Theile aus Zucker, der gemischt mit verschiedenen organischen Säuren demselben den spezifischen Geschmack ertheilt. Als Beispiel kann die Pflaume dienen: sie enthalten bei Wassergehalt von 71,10% also nur 23,90% Zucker, von den 24,81% Zucker sind 2,00% Cellulose und 1,11% Cellulose. Die organischen Säuren etwa  $\frac{1}{2}$ , die Eiweissstoffe  $\frac{1}{4}$  Pro-

Ihre Salze sind die uns bekannten Blut- Erquickende und Erfrischende, was aus der meisten Früchte hat, sowie die Resultate auf die Ernährung, namentlich er, muss dieser glücklichen Mischung ihrer Theile zugeschrieben werden; ein wesentlicher Theil fällt dabei auf die Säuren und Salze. Es enthalten Citronen in ihrem Saft sehr die Kalisalze, die zur Organbildung un- sind. Hier reihen sich die zuckerreichen Gemüsesäfte an.

Das Gemüse. — Wichtig ist die auch Nahrungsmittel dienende Runkelrübe, welche noch weiteres Interesse darbietet, weil aus Runkelzucker bereitet wird, welcher den Zucker bei uns fast vollkommen verdrängt. RUSSELL und KROCKER enthält die Runkel- in 100 Theilen:

	frisch	trocken
Eiweissartige Körper . .	2,04	— 11,5
Zucker . . . . .	12,16	— 68,8
Cellulose und die übrigen stickstofffreien Körper	2,56	— 14,7
Mineralische Substanzen	0,89	— 5,0
Wasser . . . . .	82,25	—
	100,00	100,0

	Gelbe Rüben	Kohlrabi	Blumenkohl	Gurken
Wasser . . . . .	85,34	80,00	81,89	97,14
Albuminate . . . .	1,55	2,00	0,50	0,13
Kohlenhydrate . . .	13,34	17,00	1,80	2,62
Extraktivstoffe . .	0,04	—	—	0,04
Fette . . . . .	0,25	0,30	—	—
Salze . . . . .	1,52	5,00	0,76	—

der Asche sind 70—80 Procent auflöslich und bestehen aus kohlensauerem, schwefelsauerem und phosphorsauerem Kali und Natron; Kali und Phosphorsäure

Fig. 60.



Stärkekörner aus einer Kartoffelknolle (500). A ein Altes einfaches Korn; B ein halb zusammengesetztes Korn; C, D ganz zusammengesetzte Körner; E ein Altes Korn, dessen Kern sich getheilt hat; a ein sehr junges Korn; b ein älteres, c noch älter mit getheiltem Kern.



überwiegen. Der im Wasser unlösliche Theil besteht aus kohlensauerem und phosphorhaltigem Kalk und Bittererde, aus Eisenoxyd und Kieselerde.

Bei den grünen Pflanzen ist der Salzgehalt sehr bedeutend und wir sehen, dass Bestandtheile desselben mit den Blutsalzen vollkommen übereinstimmen. Ihre hohe Löslichkeit wird dadurch erklärlich, die sie besonders dann erhalten, wenn, wie auf lange Zeit, das als Nahrung dienende Fleisch gesalzen ist, die Blutsalze ihm also entzogen. Die Heilung des aus dem Salzfleischgenuss resultirenden Krankheitszustandes gelingt leicht durch Zusatz von Gemüse zur Nahrung, dem man freilich nicht, wie in deutschen Küchen so häufig geschieht, durch vorheriges Kochen und Wegschütten des Kochwassers den Hauptgehalt an Nahrungsstoffen — nämlich fast alle löslichen Bestandtheile: Salze, Zucker etc., entziehen darf. Wir entnehmen aus der folgenden Tabelle über die Gemüseasche:

	gelbe Rübe	weisse Rübe	Weisskraut	Rosenkohl	Spargel
Kali . . . . .	37,55	48,56	48,32	17,05	22,41
Natron . . . . .	42,63	—	—	—	2,21
Chlorkalium . . . . .	—	—	9,33	8,63	—
Chlornatrium . . . . .	4,94	5,44	—	—	7,77
Magnesia . . . . .	3,78	2,26	3,74	15,09	6,31
Kalk . . . . .	9,76	6,73	12,64	25,88	15,91
Eisenoxyd . . . . .	0,74	0,66	—	2,86	5,11
Phosphorsaure . . . . .	8,37	7,65	15,99	23,91	18,31
Schwefelsaure . . . . .	6,34	12,86	8,30	—	7,28
Kieselerde . . . . .	0,76	0,96	0,40	6,58	12,51
Kohlensäure . . . . .	15,45	14,82	—	—	—

Pflanzensäfte finden als Heilnahrungsmittel passende Verwendung.

Die Konservierungsmethoden des frischen Gemüses in hermetisch verschlossenen Büchsen gewinnt für die oben angeführten Fälle eine hohe Gesundheits-Bedeutung.

Der Mensch isst alle die genannten Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel nicht sonders zu Gerichten gemischt.

«Geleitet durch den heinahe zum Bewusstsein gelangten Instinkt, den wir als Führer, und durch den Geschmack, den Wächter der Gesundheit, ist der Mensch zur richtigen Beziehung auf die Wahl, Zusammenstellung und Zubereitung der Speisen und deren Abfolge zu Errungenschaften gelangt, welche Alles übertreffen, was Chemie und Physiologie in Beziehung auf die Ernährungslehre geleistet haben. In der Suppe und in den Saucen ahmt er den Magensaft nach, und in dem Käse, womit er den Magen schützt, stützt er die Wirkung des auflösenden Magenepitheliums. Die mit Speisen in Verbindung erscheinende Milch erscheint dem Beobachter gleich einer Maschine, deren Theile harmonisch zusammengeordnet sind, dass damit, wenn sie in Thätigkeit gesetzt sind, eine mächtige Wirkung hervorgebracht werden könnte.» (LIEBIG).

**Freiwillige Veränderungen der vegetabilischen Nahrungsmittel.** — Wie alle feuchtigkeitshaltigen organischen Stoffe unterliegen auch die vegetabilischen Nahrungsmittel der Einwirkung des Luftsauerstoffs, der besonders bei den wasser- und eiweiss- und zuckerreichen derselben wie Fruchtsäften bald zu wesentlichen Veränderungen fähig ist. Gärungen und Essigsäuregärungen treten ein, die sich leicht dem Geschmack verrathend. Bei den Früchten geht einige Zeit noch der Vorgang des »Nachreifens« fort, die Pflanzensäuren verschwinden und es treten reichlicher Zucker und Stärkemehl auf. Verderb und faulen sie. Ueber die Veränderungen der Kartoffeln durch Keimen und Frieren schon oben das Nöthige beigebracht. Das Frieren bringt bei Früchten und Gemüse die gleiche Wirkung wie bei den Kartoffeln hervor, nach dem Auftauen welken sie rasch aus den angegebenen Gründen. Das feuchte Brod erleidet analoge Veränderungen.

anderen vegetabilischen Stoffe; es bilden sich oft rasch reiche Pilzvegetationen (Mehltau etc.); meist aber schützt es Vertrocknung vor weitergehender Zerstörung.

Schädliche Wirkungen bringen diese freiwilligen Veränderungen nur in untergeordnetem Grade hervor, im Allgemeinen hat man sich vor allem Verdorbenen zu hüten. Die Unschädlichkeit des unreifen Obstes ist in ihren Ursachen und Wirkungen allgemein bekannt. Überhaupt zeigt sich das Uebermass des Genusses auch von reifem Obst wie alles Uebermass schädlich, wie die Erfahrungen der Militärärzte aus dem deutsch-französischen Kriege (1870—71) über den Genuss auch gereifter Trauben beweisen, während bekanntlich der Traubengenuss als Traubenkur vielfach sich schon hygienisch bewährt hat. Bei alleinigem Genuss von Früchten die Allgemein-Ernährung nothleiden muss, geht es auf relativ geringen Menge von Albuminaten und Kohlehydraten hervor, welche wir in einer anscheinend beträchtlichen und den Magen füllenden Quantität einführen. Sie bestehen ja der Hauptmasse nach aus Wasser. Der Genuss der Leguminosen, sauren Früchten, Brodes, überhaupt reichlicher trockener Pflanzenstoffe ruft eine reichliche Entleerung von Darmgasen hervor. Man schreibt vegetabilischen Stoffen spezifische Wirkungen auf gewisse Organe zu. Der reichliche Salzgehalt wird bei Früchten etc. die Urinausscheidung steigern können, einige der aufgenommenen organischen Stoffe werden in den Harn übergeführt (cf. abnorme Harnbestandtheile). Nach dem Genuss von organischen Substanzen, die reich an oxalsaurigen Salzen sind (z. B. Sauerampfer), wird oxalsauriger Kalk im Harn ausgeschieden, was zur Bildung von Harnkonkreten Veranlassung geben könnte. Die organischen Nährsubstanzen, die scharfe ätherische Oele enthalten, sollen den Geschlechtstrieb anregen. Man hat dafür den Spargel, Knoblauch, Sellerie etc. wohl in fälschlichem Verdacht.

Bei Untersuchung chemischer Art (Ueber Mutterkorn cf. oben S. 166) findet hier der Unterschied der verschiedenen Stärkesorten, der mehr technischer als physiologisch und hygienisch von Wichtigkeit ist, wird mit dem Mikroskop festgestellt. Gut ausgekochte Kartoffelstärke ist, wie die Lemic'sche Kindersuppe lehrt, für Kinder und Leute mit schwacher Verdauung vollkommen zuträglich. Der Unterschied der anderen Stärkesorten beruht vor allem in der Leichtigkeit, mit der sie bei der Zubereitung die für ihre Benutzung als Nahrungsmittel nöthigen Veränderungen durchlaufen.

Wichtig sind die Beimischungen metallischer Stoffe zu den Nahrungsmitteln, die für die Gesundheit schädlich sind. Die metallischen Stoffe, die hier in Frage kommen, sind Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Eisen. Das letztere ist in seinen Verbindungen sehr unbedenklich, ebenso das Zinn, während die Einverleibung der drei ersteren deutlich mit schädlichen Folgen für die Gesundheit verknüpft sind. Besonders durch Kochgeschirre werden die Metalle verschleppt. Die Glasur irdener Geschirre ist bleihaltig und wenn sie schlecht aufgebrannt ist und absplittert oder sich chemisch ablöst, Veranlassung zu Bleierkrankungen geben. Die Zinngeschirre sind meist ebenfalls mit Blei legirt und durch Aufbewahren saurer Substanzen in ihnen diesen einen Gehalt an Blei mittheilen. Zinngeschirre kommen seltener im Gebrauch vor, es ist bei Milch und Wasser auf die daraus entspringenden Gefahren aufmerksam gemacht worden. Doch steht Zinn mit Kupfer legirt als Messing in vielfältigem Gebrauch, ebenso Geschirre aus reinem Kupfer. Alle sauren Flüssigkeiten, z. B. Fruchtsäfte, lösen das Kupfer und Zinn in ziemlicher Menge auf und geben dadurch Veranlassung zur Einführung dieser schädlichen Metalle in den Organismus, mit allen daraus entspringenden schädlichen Folgen.

Unter den angeführten metallischen Giften ist den Aerzten das Blei am bekanntesten, da die spezifischen Einwirkungen, Bleikolik und Bleilähmung, sich bei Individuen, die viel in Bleifabriken oder mit Bleifarben (Maler, Anstreicher und Farbenbereiter) oder Bleisäuren (Töpfer) zu thun haben, sich häufig zeigen und so charakteristisch sind, dass sie leicht erkannt werden können. Doch sind in der letzten Zeit manche Fälle bekannt geworden, welche zeigen, wie häufig auch bei anderen als den genannten besonders aus-

gesetzten Beschäftigungen Bleivergiftung die Ursache chronischer Erkrankungen Anfanglich machen sich die Symptome der Bleivergiftung nicht geltend, erst das Gift selbst oder durch andere Ursachen eine Funktionsbehinderung der Niere, sodass die Ausscheidung des Bleies durch den Harn sistirt, sehen wir erstere treten. In derartigen Nierenstörungen scheint (TARST) oft der Grund für die bedrohlicher Symptome zu liegen, die sonst sich nicht geltend machen, der Arzt mit stark wirkenden Arzneimitteln bei Patienten mit Nierenleiden besonders zu mischen. Um einige Beispiele anzuführen, so hat man beobachtet, dass unabh. Vergiftung eintrat nach Gebrauch von in Staniol (bleihaltig) verpacktem Schokolade österreichischen Fabrikats, sogenanntem Albanier. Die Rosshaare werden mit Blei, sowie die Verarbeitung solcher schlechtgefärbter Fabrikate, Veranlassung gegeben hat (HITZIG). ARCHAUBAULT macht darauf aufmerksam, dass Blei in der Arbeiterinnen beobachtet werden durch das Sieben eines Pulvers von Bleisulfid als isolirender Ueberzug eiserner Haken bei der Telegraphie benutzt wird. GILCHRIST beobachtete Bleivergiftung bei einem Manne, der zur Verfertigung von Maat schwarzes, stark bleihaltiges Glanz Tuch verwendete. In grösserem Masse Intoxikationen vor, wenn Blei in grösserer Quantität Nahrungsmitteln beige. Der Zusatz von Schrot zu Wein macht diesen zwar süsser (Bleizucker) aber das Arsenik giftig, auch das Reinigen der Weinflaschen mit Schrot giebt dem Wein an diesen giftigen Stoffen. Eine sehr belehrende Beobachtung machten in Bleivergiftung MALOBERY und SALMAN. In mehreren Dörfern der Umgegend verbreitete sich im Oktober 1864 bis zum März 1865 sehr schnell eine Krankheit, deren Symptomen der Bleivergiftung, die in 6 Gemeinden über 300 Personen ergriff, sich wieder dauernd zu erholen vermochten, 15—20 starben. Nur Säuglinge überlebten. Nachfrage von Haus zu Haus ergab, dass alle erkrankten Familien ihre Mühle aus derselben Mühle bezogen, deren Mühlensteine als Vergiftungsursache sich zeigten. An den mahlenden Flächen der Mühlensteine befinden sich je nach ihrer Qualität oder weniger zahlreiche, grössere oder kleinere grubige Vertiefungen, welche zu der Steine ausgefüllt werden müssen. Der Müller hatte zur Ausfüllung Metalle benutzt, welches durch die Bewegung der Steine abgerieben dem Mehl sich beimischen. Dieses Blei im metallischen Zustand und als kohlensaures und essigsäures Salz, war 10 Milligramm Blei im Kilogramm Mehl. Nach Beseitigung des Bleies in der Mühle erlosch die Krankheit. In dieser Weise wurden in der Folge noch einige Bleivergiftungen von Mühlen ausgehend in Frankreich beobachtet, ältere unerkannte Epidemien auf diese Ursache zurückführen. DUBREUIL, Besitzer einer Mehlfabrik, beobachtete, dass reichlicher Milchgenuß (4 Liter pro Tag), zu dem er zu nach zufälliger Bemerkung ihrer günstigen Wirkung verpflichtete, als ein prophylaktisch gegen Bleivergiftung wirke.

Das Kupfer wird in seinen giftigen Wirkungen in kleiner Dosis von erfahrenen behauptet, andere bezweifeln sie ebenso sicher. Man behauptet sogar Immunität der Arbeiter gegen Cholera, der Grünsparbeiterinnen gegen Chlorose. Gewiss Grünspar (essigsäures Kupfer) in bestimmter Dosis als Gift angesehen werden. Ruhe der Dosis lässt sich jedoch wegen des stets eintretenden Erbrechens kaum stellen. Abgesehen von örtlich irritirenden Wirkungen auf Augen und Kehlkopf sollen nach G. FICHOLIER und C. SAINTPIERRE die Arbeiter in den Grünsparfabriken (parlements de l'Herault und de l'Ande) keinerlei Beschwerden zeigen, sodass die tägliche langsame Absorption keinen Schaden bringen soll. Mit den gebrauchten kupferhaltigen Weinheberresten werden Kaninchen und Geflügel gemästet. In v. A. behaupteten sogar, dass Kupfer ein normaler Organbestandtheil des Thiere sei, LEBES zeigte aber wie misstrauisch man gegen solche Angaben sein soll. Nicht kupferhaltige Apparate: Löthrohr, Gasbrenner bei der Untersuchung verdächtig. Englische Aerzte, z. B. CLARTON, behaupten, chronische Intoxikation nach



Genuss kupferhaltiger Getränke (die sauer in Kupfer gestanden hatten), bei Kupfer- und durch Kupferfarben. Der Schweiss werde dabei bläulich grün (?). Zur Reinigung von Mixtpickels und Spinat wird eine Kupfermünze mit gekocht. Der grüne Thee durch Grünspan gefärbt.

Der Bleinachweis wird bei schlechter bleihaltiger Glasur, welche an Säuren Blei abgibt, dadurch geführt, dass man in das zu prüfende Geschirr guten Essig giesst (von 10% wasserfreier Essigsäure). Nach 24 Stunden wird der Essig, der den Boden des Geschirrs 1—2 Zoll zu bedecken hat, abgegossen, das Geschirr dann noch zum zweiten- und drittenmal mit Essig in derselben Weise gefüllt. Jede Portion wird dann dadurch auf Blei geprüft, dass man »Schwefelwasserstoffwasser« zumischt, wobei eine starke schwarze Trübung oder ein schwarzer flockiger Niederschlag von »Schwefelblei« die Gegenwart des Bleies anzeigt. Dieser schwarze Niederschlag ist in der ersten Essigportion am stärksten, in der zweiten schon so schwach, dass nur noch eine bräunliche Färbung und Trübung zu sehen ist. Durch mehrmaliges Auskochen der neuen Geschirre mit Essig (der dann weggeschüttet wird), ist daher alle Gefahr der Bleiabgabe der Geschirre auch an saueren Speisen beseitigt, die Geschirre vollkommen gut gebrannten gleich. Essig, Sauerkraut, Pflanzen anderer Art überhaupt saure Speisen können aus diesen Glasuren eine Beimischung von Blei erhalten, aber Milch, Kaffee, Fleischbrühe, Suppen ziehen kein Blei aus (L. A. Richter). Auch wenn Säuren in bleihaltigen Gefässen gekocht werden, so wird bei gleichzeitiger Anwesenheit von Eiweissstoffen, z. B. Fleisch, das Blei an Albuminate zu unlöslichen Verbindungen gebunden, welche ohne weitere Veränderung durch den Körper hindurchgehen (Bucher) und keine Veranlassung zu Vergiftungen geben. Daraus würde sich die Ursache erklären, dass von Seite der Aerzte keine durch Bleiglasur herbeigeführte Blei-Vergiftung berichtet wird, wie auch selbst TANQUEREL DES PLANCHES in seinem Werk über Bleivergiftungen (deutsch Quedlinburg 1842) unter 2465 Beobachtungen keine Erkrankung durch Bleiglasur anführt. Besonders für die Ernährung kleiner Kinder hat man sich nur auf gut gebrannte Geschirre, die vorher dreimal mit Essig ausgekocht wurden, zu beschränken. Für Erwachsene besteht keine ernstliche Gefahr, da nach TARDIEU erst 480—960 mg (30—60 Gramm) einen Erwachsenen tödten, während z. B. BUCHNER im 1/10 Liter Essig aus schlecht glasirten Geschirren nur 1/3—3 Gran Blei fand. Nur wenn Jemand längere Zeit aus schlecht glasirten Töpfen gestandenen Essig in grosser Menge trinken würde, könnte man Vergiftungszufälle aus dieser Ursache denken.

### Die Genussmittel.

**Regelmässige und physiologische Betrachtungen.** — Ausser den eigentlichen Nahrungsmitteln werden vom Menschen noch eine Reihe von Substanzen und Stoffen genossen, deren Werth für den Organersatz und die Kraftproduktion des Lebens nicht so direkt in die Augen fällt, wie bei den bisher genannten. Ganz mit Recht, weil keine scharfe, principielle Scheidung möglich ist, hat man diese betreffenden Stoffe als Genussmittel (v. BIBRA) von den eigentlichen Nahrungsmitteln getrennt: Kaffee, Thee, Chokolade, Tabak, Spirituosen. Der Preis eines zur Ernährung verwendeten Stoffes steht in ganz genauem Verhältnisse zu dem Nahrungswerth desselben. Was dem einzelnen Konsumenten nicht sein mag, das regelt die Erfahrung der Gesamtheit in überraschender Weise (LIEBIG).

Wenn wir den Genussmitteln einen eigentlichen Werth als Nahrungsmittel, wie man meist geschieht, absprechen, so ist es verwunderlich, dass ein so hoher

Preis für sie nicht etwa nur von den Reichen, sondern auch von den Armen bezahlt wird. Der geringste Taglohn wird ja wenigstens in zwei Theile getheilt, von denen der eine zu Kartoffeln, der andere zu Kaffee verwendet wird. Gerade den Armen sehen wir mit besonderer Vorliebe neben seiner täglichen Nahrung den täglichen Verbrauch an Kräften nicht oder kaum ersetzenden Nahrungsmitteln, wenigstens Kaffee oder Brantwein, geniessen.

Es wäre vollkommen falsch, wenn wir annehmen würden, dass der Arbeiter, der mit verhältnissmässig so grossen Opfern für den Armenlohn arbeitet, allein auf dem Wunsche, etwas Angenehmes zu essen, beruhte. Er hat, auf tausendjährige Erfahrungen gestützt, die wohlfeilste Ernährung mit Hülfe deren bei dem geringsten Aufwande an Nahrungsmaterial die grösste Kraftproduktion möglich ist. Daraus schon geht hervor, dass die Genußmittel für das Wohlbefinden und die Arbeitsfähigkeit des Individuums von der grössten Bedeutung sind.

Wenn wir sie chemisch und physiologisch untersuchen, so finden wir in ihnen eine in die Augen springende Uebereinstimmung. Sie enthalten, oder wenigstens hervorrufen, physiologische Nervenreize, welche ein aus Arbeit hervorgehendes Schwächegefühl der Nerven und Muskeln zu vertreiben geeignet sind.

Wir haben in der Fleischbrühe, dem Fleischextrakte ein derartiges Genußmittel erkannt, welches die Natur uns selbst liefert. Der Arbeiter, der kein Fleisch als tägliche Nahrung zu bestreiten vermag, hilft sich mit Genußmitteln, welche in überraschender Weise in ihren physiologischen Wirkungen den Fleischsaft zu ersetzen vermögen.

So sehen wir Bevölkerungen bei einer Nahrung aus Kartoffeln, sich kaum zum Wiederersatz des Stoffverbrauches durch Arbeit genügen, durch Kaffeezusatz sich arbeitsfähig erhalten.

Das Hunger- und Schwächegefühl durch unzureichende Nahrung wird durch den Brantweingenuss vertrieben, so dass die Arbeit fortgesetzt zu werden vermag, welche sonst das Gefühl der Ermüdung unterbrechen würde.

In dem thierischen und menschlichen Organismus ist eine bedeutende Menge Arbeit zersetzbarer Stoffe aufgespeichert. Die Natur hat den Verbrauch dieser Stoffe nur bis zu einem gewissen, geringen Grade der Willkür des Menschen überlassen. Lange ehe die Zersetzung einen höheren Grad erreicht hat, tritt durch den veränderten Chemismus der Bewegungsorgane Hemmung der Bewegungsmöglichkeit ein, die sich subjektiv als Ermüdung; zuerst Unfähigkeit zur Arbeitsleistung zu erkennen geben. Dieses Ermüdungsgefühl wird durch die Genußmittel in seinen Anfängen beseitigt, so dass die Arbeit, den mit Stoffverbrauch, fortgesetzt werden kann über die von der Natur gesetzte Grenze hinaus, jenseits deren sie Erholung durch Ruhe und Wiedereinsetzung der verbrauchten Körperstoffe durch Nahrung verlangt. Die Genußmittel haben danach auch einen Werth für die Konsumenten, der sich in Geld, dem Dienste der Genußmittel, ausdrückt. In neuester Zeit hat man darauf aufmerksam gemacht (J. RANKE), dass die Einwirkung der Genußmittel, namentlich des Kaffees (Kaffeins), eine Veränderung der Blutvertheilung im Organismus eintrifft, die den zur mechanischen Arbeit erforderlichen Organen, Muskeln und Nerven mehr Blut und damit

zeugung dienliches Material zuführt, sodass bei relativ gesteigerter Ernährungsorgane die Arbeitsfähigkeit zunehmen muss. Durch gesteigerte Aktion in den Arbeitsorganen werden auch die ermüdenden Stoffe, welche die Arbeitsfähigkeit herabsetzen und endlich vernichten, rascher entfernt und dadurch die Arbeitsfähigkeit gesteigert.

Es sich haben sonach diese Stoffe, abgesehen von Nebenwirkungen, bei dem Genusse nichts Schädliches. Sie werden erst dadurch schädlich und toll, wenn der durch sie ermöglichte gesteigerte Kräfte- und Stoffverbrauch durch entsprechende Nahrungssteigerung wieder ersetzt wird. Dem Armen, der die Arbeitsfähigkeit durch Branntwein steigert, ohne den dadurch gesetzten Kosten wieder ausgleichen zu können, wird das Genussmittel zum Gifte. Es entzieht ihm längere Zeit von seinem Kraftvorrath, gleichsam vom Kapitale selbst, während die Natur ihn normaler Weise nur auf den Zinsengenuss des Lebens beschränkt halten will (LIEBIG), nämlich auf den Verbrauch des kleinen Theiles, dessen Zersetzung hinreicht, die Chemie des Muskels soweit zu ernähren, dass er objektiv ermüdet.

Ein solcher Mensch ist in Wahrheit ein Hungernder. Die Abmagerung und Trägheit, welche letztere nur durch fortgesetzten Branntweingenuss momentan erhalten werden kann, jene unbehagliche, leidenschaftliche Stimmung, welche die Staatsverwaltung als einen festen Faktor in ihre politischen Berechnungen führen hat, sind Symptome des Hungers.

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Genussmittel zeigt eine grosse Uebereinstimmung. Sie lassen sich nach zwei Gruppen theilen.

Die erste Gruppe ist diejenige, welche, ganz der Fleischbrühe analog, stickstoffhaltige organische Basen enthält, welchen die Hauptwirkung zugeschrieben werden muss. Es gehören hierher die warmen Volksgetränke, in Deutschland der Kaffee, in England der Thee. Sie enthalten den gleichen Wirkstoff, das Thein oder Kaffein. Die Cacaobohnen den sehr nahe verwandten Körper: das Theobromin.

Nach ihren Eigenschaften gehören diese Stoffe zu der Klasse der organischen Alkaloide, welche einen grösseren oder geringeren Einfluss auf das Nervensystem, die Muskeln und die Blutcirculation ausüben. Nach ihren Wirkungen in eine Reihe theilen, welche mit den organischen Basen der Fleischbrühe und mit dem Thein und Theobromin beginnt, wirken die Endglieder derselben, das Strychnin, als die furchtbarsten Gifte. Das Chinin, mehr in der Mitte stehend, ist die geschätzteste Arznei; die Bestandtheile des Opiums sind in kleinen Gaben wirksam, in grösseren Gifte. Der Tabak enthält eine sehr giftige organische, nicht lösliche Basis: das Nicotin.

Bei dem Thee und Kaffee als Getränken kommen auch noch die nicht unbedeutenden Mengen anorganischer Stoffe in Betracht, welche in den Aufguss mit Wasser eingehen. Es geben 100 Gewichtstheile Theeblätter (Souchong) mit dem Wasser ausgezogen 15,536 Gewichtstheile trocknen Extrakt, worin 1 Theile Asche = 19,69% des Extraktes sich finden. 100 Gewichtstheile gezeelter Kaffeebohnen lieferten mit Wasser ausgekocht 24,52 Theile Extrakt mit 1 Theilen Asche 16,6% des Extraktes. Der Theeaufguss ist besonders reich an löslichen Eisen- und Mangansalzen, welche sich aber in Verbindungen darin



vorfinden, in denen die Gerbsäure (die sich sonst mit ihnen zu dem S Tinte vereinigt) ohne alle Wirkung ist. Diese wenn auch kleine Eisensalze, da die Natur für den Menschen lösliche Eisenverbindungen verlangt, Einfluss auf die vitalen Vorgänge sein. LIEBIG macht darauf aufmerksam, in dem Eisengehalte der meisten Theesorten den wirkenden Bestandtheil der reinsten Mineralquellen genießen. Im Uebrigen sind die Aschenbestandtheile der Blutasche analog zusammengesetzt, alle dort vorkommenden Stoffe sind durch sie vertreten, besonders eine bedeutende Menge von Alkalien. In der Thee findet sich in ziemlicher Menge Natron, das im Kaffee fehlt und durch Kalk ersetzt wird, wodurch dieser hygieinisch und physiologisch einen höheren Werth erhält.

**Zweite Gruppe.** Die bisher genannten Genuss- und Nervengetränke sind in ihrer allgemeinen Verbreitung auf dem Kontinent verhältnissmässig sehr alt. Uralt sind dagegen die alkoholischen Getränke, welche ihre Stelle in der Ernährung und in den Beziehungen zu ersetzen vermögen.

Der Alkohol wird aus dem Stärkemehl dargestellt, nachdem der in ihm enthaltenen gährungsfähigen Zucker übergeführt wurde.

Es ist keine Frage, dass der Alkohol als solcher noch weiter oxydirt werden kann, er hat somit vielleicht noch Werth als Nahrungsstoff. Ausser dem Zucker finden sich im Weine noch anorganische Salze von Nahrungswerth. Der Hauptwerth der alkoholischen Getränke nicht auf ihre, ihnen zukommende Mitwirkung zur Ernährung; schon ihr Preis zeigt im Vergleich mit anderen Nahrungsstoffen, wie ungemein viel werthvoller sie für den Menschen sein müssen, als sich aus den chemischen Elementen, die sie zusammenzusetzen lässt, berechnen lässt.

Der Alkohol hat eine ganz analoge Wirkung auf das Nervensystem wie die bisher besprochenen Narkotika. Bei dem Branntwein kommt schon allein in Frage. Neben den für die Narkotika in Betracht kommenden Stoffen hat er einen direkten Einfluss auf die Magenschleimhaut, wodurch das Hungergefühl (cf. dieses) herabsetzt.

Bei dem edlen Weine richtet sich der Werth nicht nach dem Alkoholgehalte. Der Weingeist kommt bei der Werthbestimmung zwar stets in Betracht, aber der Preis steht in keinem Verhältniss mit ihm, weit eher steht er im Verhältniss zu den nicht flüchtigen Weinbestandtheilen. Es sind diese vorwiegend Bestandtheile, Blutsalze. Es ist bekannt, dass der edle Wein sich durch die belebenden Wirkung der Fleischbrühe direkt anschliesst, sie beruhigt und fällt zum Theil auf demselben chemischen Grunde.

Das Bier, welches immer mehr ein Volksgetränk der ganzen Welt wird, ist eine Nachahmung des Weines aber eine in manchen Beziehungen verschiedene. Das Bier enthält nur eine verhältnissmässig kleine Menge Alkohol, Kohlensäure, Zucker, Gummi, welche die grösste Menge der gelösten Bestandtheile machen, dann Bitterstoffe und die aromatischen Stoffe des Hopfens, von Kleberbestandtheilen, Fett, Milchsäure, Ammoniakverbindungen und mineralischen Bestandtheile, welche aus der Gerste und dem Hopfen übergehen. Es kann somit dem Biere eine gewisse Nahrhaftigkeit im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes nicht abgesprochen werden, wenn auch der Werth dadurch sicher nicht bestimmt wird, ebensowenig wie nach dem

Ohne Zweifel haben wir in dem Biere eines der gelungensten Ersatzmittel des Fleischextraktes vor uns. Die Mehrzahl der Stoffe, welche wir dort wirksam fanden, finden wir auch hier wieder, was wir zum Vergleich des Stoffes zu sagen haben, müssen wir hier wiederholen. Nur kommt der Alkohol mit seinen Nebenwirkungen auf das Gehirn in Betracht, der in der Beziehung das Bier vor dem Fleischextrakt noch auszeichnet.

Wird es verständlich, wie es so vortreffliche Wirkungen auf die Ernährung hervorzubringen vermag, welche in keiner Beziehung zu seinem aus den Bestandtheilen zu berechnenden Nahrungswerthe stehen.

SCHERLICH fand in 100 Theilen Asche eines untergährigen Bieres: Kaliumphosphor 20,0, phosphorsauere Bitterde 20,0, phosphorsauerer Kalk 2,6, Wasser 46,6 Gewichtstheile.

Wird bei dem Biere der enorm grosse Gehalt an phosphorsauerem Kali aufgeführt, welches wir als ein Hauptagens in der Fleischbrühe erkannt haben. Zweifel hat es einen Antheil an den nervenerregenden Wirkungen, welche beim Biergenuss bei Schwächezuständen in so hohem Masse ausgeübt finden. Die Menge von Kalisalzen, welche durch das Bier in das Blut gelangt, ist daran schuld, dass ein übermässiger Biergenuss so stark ermüdende Wirkung erzeugt. Dem Gehalt an phosphorsauerem Kali verdankt das Bier seine gute Wirkung auf Anbildung von Organstoffen, die fast jeder Bierländer am Leibe zur Schau trägt und die dem Biere (Malzextrakt) eine so hohe als Heilnahrungsmittel für Reconvalescenten und Schwäche ertheilt (Muss anorganischer Stoffe auf die Ernährung). Die Kalisalze gehen ins Blut in den Harn über, wo man sie bei Biertrinkern in erhöhter Menge

Gewürze, welche den Speisen zugesetzt werden, haben nicht nur den Zweck den Geschmack der Speisen zu verbessern, vor allem haben sie die Aufgabe die Absonderung der Verdauungssäfte steigernd zu wirken. Der senken sie auf die Schleimbäute ausüben, mehr reflektorisch die Drüsen-

sehen daraus, dass wir eine Reihe von Stoffen ihren physiologischen nach unter die Gewürze zu rechnen haben, welche man gewöhnlich vorher zieht. Die starken Geschmacksreizstoffe, welche durch das Braten des Fleisches erzeugt werden, wie die schmeckenden Stoffe in der Brühe, gehören zu den starken wirkenden Gewürzen.

Die schädlichen Wirkungen des Alkoholgenusses sind zu bekannt als dass sie eine Auseinandersetzung beanspruchen. Bei dem Schnaps kommt zu dem Alkohol das Fuselöl als schädliche Beimischung (Amylalkohol). Die schädlichen Wirkungen von Thee und Kaffee (Chokolade) werden vielfältig übertrieben. Solche zeigen sich besonders bei sitzender Lebensart, schlechter Ernährung, Neigung zu Verdauungsbeschwerden etc., dass man die betreffenden Getränke für diese Leiden beschuldigen dürfte. Mit dem Ablassen des Genusses von Thee und Kaffee ist meist noch wenig erreicht, wenn nicht die Gewohnheit gründlich geändert wird. Doch muss man auch hier individualisiren. Beweisen im Freien, zweckmässige sonstige Nahrung bleibt immer die Hauptsache. An Stelle von Thee rathe man nervösgereizten Personen am Abend gutes Bier aus den oben gegebenen Gesichtspunkten (Ueber Alkohol cf. auch thierische Wärme).

Verfälschungen der Genussmittel zu ermitteln wird selten Aufgal  
Einiges wurde schon oben erwähnt, was sich auf zufällige Beimischung  
stanzen bezieht (Blei, Kupfer). Der Kaffesurrogat wird hie und da in Pa  
mit Mennige (Blei) gefärbt ist. Eisenvitriol dient zur Färbung der Kaffee  
schädlich. Der chinesische Thee wird am häufigsten mit den Blättern  
schwarzen Hollunders, Esche, Süssholzbaum und tropischen Verbenaceae  
an sich unschädliche Beimischung die Betrachtung der in heissem V  
Blätter erkennen lässt. Die Blätter der Thea chinensis sind kurz gestielt,  
lanzettlich oder eirund, meist gespitzt, gesägt, kahl, glänzend, den Kir  
Campechholz, Berlinerblau, Thon, Catachu dienen neben Kupferlösun  
ralgrün zur Verfälschung des grünen Thees.



## Fünftes Capitel.

### Die Gesetze der Ernährung.

#### Was ist nahrhaft?

Im äusseren Leben für das persönliche Interesse keinen wichtigeren, der so sehr in alle übrigen Verhältnisse einschneidet, als die Frage gleichen Brodes. Die Frage, welche die eigentliche Lebensfrage für den Staat ist, dieses auch für die Verwaltung und Erhaltung des Staates. Die nothwendige Beköstigung der stehenden Heere, wie die Ernährung in Irren- und Korrekptionsanstalten, alle jene Einrichtungen, welche die Ernährung einer grösseren Anzahl von Individuen, die in dieser Hinsicht freien Willkür entzogen sind, nothwendig machen, drängen zu Forschung.

Dem Einzelnen gewinnt so wie für den Arzt die Wahl der Nahrung in der Ernährung eine noch erhöhte Bedeutung. Wenn schon häufig in gesunden Zuständen in dieser Beziehung zu Rathe gezogen wird, so wird die Ernährung noch bedeutungsvoller bei Kranken, bei denen ihre Beantwortung auf die häufigsten Schwierigkeiten stösst, hervorgehend aus dem absoluten Appetit, aus dem subjektiven Widerwillen gegen nur einzelne Nahrungsmittel, oder gar aus der Unfähigkeit Nahrung zu verdauen und zu assimiliren durch die Nahrungsaufnahme die Krankheitserscheinungen noch zu veranlassen. In derartigen Fällen kann nur eine vollkommen exakte Kenntniss der Gesetze der Ernährung eine sichere Richtschnur für das Eingreifen sein, und gewiss wird Derjenige die besten Heilungsergebnisse erzielen, welcher auch unter solchen schwierigen Verhältnissen das Leben zu erhalten sucht, nicht wenige Kranke sterben in Folge ungenügender Ernährung.

Bei vielen Patienten nehmen die Symptome des speciellen Leidens eine zunehmende Stärkung des Allgemeinbefindens hervorgehend aus passender Ernährung ab, in dem gleichen Grade wie sie durch Nahrungsmangel sich verschlimmern. Von Krankheiten sind sicher nur wenige ausgenommen, weit weniger von der Wahrheit auch der neueren ärztlichen Praxis sich träumt. Ich denke nur auf die Herzleiden hin, die in so hohem Masse mit der Schwäche der Gesamtmuskulatur an Intensität und Gefahr für das Leben verknüpft sind. Der schlecht ernährte, schlaaffe Herzmuskel ist nicht im Stande die

Hindernisse im Mechanismus durch gesteigerte Thätigkeit auszugleichen es bekannt ist, dass Herzfehler von muskelkräftigen Personen ganz ohne ihres Allgemeinbefindens ertragen werden können. Ebenso steht es mangelhafte Ernährung des Muskelsystemes auch ohne andere organische des Herzens als Schwäche seiner Muskulatur alle Symptome eines vorzutäuschen vermag.

Alle diese Betrachtungen drängen uns zu der Grundfrage:

#### Was ist nahrhaft?

Die Antworten, welche auf diese Frage gegeben werden, sind so vielfältig und nirgends gehen die Meinungen in so hohem Grade auseinander, während man doch denken sollte, dass die ewige Erfahrung der geschlechtes die Aufgabe mit aller Sicherheit und Präcision schon gelöst haben. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen einsehen, dem Volksinstinkte Unrecht thun würden, wenn wir ihm die sicher in dieser Richtung absprechen wollten; wir werden erstaunen in wie vielen Combinationen die Ernährungsgesetze, welche die experimentelle Wissenschaft ihren neuesten Erfahrungen gemäss aufgestellt hat, in der Vorwelt von je her zur Anwendung gelangen. Ganz anders aber fällt das Urtheil der Wissenschaft über die noch heute übliche Ernährungspraxis der Ärzte aus. Veranlasst von Vorurtheilen werden noch heute hier Fehler, welche zeigen, wie vollkommen eine wissenschaftliche Halbbildung den gesunden Menschenverstand zu verdunkeln vermag.

Wenn wir unsere Grundfrage: was ist nahrhaft? stellen, so haben wir von der Mehrzahl der Gefragten eine Antwort, in welcher uns eine Anzahl Nahrungsmitteln zusammen genannt werden.

Man würde hören können, dass z. B. Fleisch sehr nahrhaft sei, auch Schwarzbrot in dieser Richtung nicht zu verachten wäre; für das es kaum etwas Nahrhafteres als das Stärkemehl der Pfeilwurzel: das Getreide, doch sei auch Rothwein oder Bier anzurathen, ebenso Chinin und Eisen für Kranke und Schwache gäbe es dagegen nichts Nahrhafteres als Fleischbrühe oder noch besser das Fleischextrakt, welches die concentrirte Kraft des Fleisches in sich enthält; der mit Salzsäure nach Linné gefertigte Fleischauszug — Infusum carnis f. p. — widersteht den meisten Umständen wöhnlich sehr bald und lässt sich ja auch durch das Fleischextrakt ersetzen. Fast jedes Wort in dem vorstehenden Satze ist eine Unwahrheit, doch kann nicht geläugnet werden, dass in der Uebersahl der Fälle auf unsere Frage in der hier vorgetragenen Weise ausfallen würde.

Es mag paradox klingen, es ist aber wahr, wenn wir dagegen bedenken, dass alle diese genannten Stoffe für sich nicht nahrhaft sind.

Oder stimmt es mit dem Begriffe der Nahrhaftigkeit eines Stoffes, wenn wir vom Fleische auf das schlagendste experimentell nachweisen, dass wir kaum im Stande sind, den Menschen mit reinem fetthaltigen Fleisch zu ernähren? er würde dazu eine so enorme Menge bedürfen, etwa ein Pfund, welche kein Magen zu verdauen, kein Appetit ohne den gewaltigsten Stimulus als einmal zu verzehren vermag; das gleiche Gewicht von Roggenbrot nicht hinreichen einen Menschen zu erhalten. Ein Erwachsener bedürft



von Kartoffeln würden für ihn erst 20 Pfd. genügen! Noch schlimmer als sich mit anderen der genannten Stoffe: es steht fest, dass ein Individuum, welches allein mit Arrow-root oder Leberthran, diesen so allgemein an Nahrungsstoffen ernährt werden sollte, unumgänglich dem langsamen Verfall verfallen würde, dasselbe gilt von dem mit Salzsäure bereiteten Auszug. Was soll aber nun erst gegen den Rest der aufgezählten Substanzen werden? Das Urtheil der Wissenschaft über die Nahrhaftigkeit der Nahrung sowie des Fleischextraktes hat schon der Wichtigkeit dieses Gegenstandes entsprechende Erörterung gefunden; Wein und China werden wie die Nahrung den Stoffverbrauch des hungernden Organismus allein genossen nur steigern; sie sind dann also das genaue Gegentheil zur Ernährung, sondern dem Organismus seine Stoffverluste ersetzender Substanzen!

Grund, warum wir uns so entschieden gegen die gewöhnliche Annahme der Nahrhaftigkeit aussprechen müssen, ist leicht aus dem schon bei der Besprechung der Nahrungsmittel Gesagten zu entnehmen. An sich ist kein einzelner Stoff zur Ernährung hinreichend, er kann als solcher also auch nicht als nahrhaft bezeichnet werden. Es steht fest, dass der Organismus in seine Nahrung eine bestimmte Quantität bedarf, wir sehen aber wie ungemein unvorthellhaft eine Ernährung mit diesem Nahrungsstoffe — also z. B. mit fettfreiem Fleische — sein kann, wenn auch die chemisch-physiologische Theorie die Möglichkeit einer Befriedigung aller Bedürfnisse an organischer Nahrung allein durch Eiweiss lehrt. Dabei die eben gemachte Bemerkung nicht vergessen werden, dass für die Nahrung der Ekel vor dem Nahrungsübermasse schon früher eine Grenze der Nahrungsaufnahme zieht, als die zur Erhaltung des Organismus nöthige Fleischmenge aufgenommen ist.

Wie durch Stärkemehl oder Fett der Gesamtverlust des Organismus nicht ersetzt werden kann, liegt auf der Hand — es fehlt vor allem diesen Stoffen das Salz, aber auch die Salze und das Wasser. Dasselbe gilt mit den nöthigen Mengen in Beziehung auf den Salz- und Wassergehalt in noch erhöhtem Maße für Wein, Bier, Branntwein, Fleischbrühe und Fleischextrakt.

Nur solche Nahrungsmittel, welche eine Mischung der einfachen Nahrungsmittel enthalten, können eine wirkliche Nahrhaftigkeit besitzend betrachtet werden. Damit also ein Stoff nahrhaft genannt werden kann, muss er abgesehen von den Salzen und dem Wasser wenigstens Eiweiss und Fett oder Kohlehydrate: Zucker, Stärkemehl etc. enthalten, oder auch andere Stoffgruppen neben dem Eiweisse. Es können also z. B. die Milch, die in Wahrheit als nahrhafte Stoffe bezeichnet werden, weil in ihnen die Anforderungen verwirklicht sind. Aber wenn sich auch einige Beispiele finden lassen, auf welche die Bezeichnung »nahrhaft« anwendbar erscheint, so ist es doch vorzuziehen sein, diesen veralteten Begriff, der zu so vielfältigen Missverständnissen Veranlassung giebt, gänzlich aufzugeben. Denn auch die angeführten Beispiele passen doch nur sehr uneigentlich. Was für eine Menge von Milch würde nöthig sein, um einen Erwachsenen davon zu ernähren, da sie 88—90% Wasser enthält, sodass nur etwa 3—4 Loth feste Stoffe aus einem Pfunde Milch genossen werden? Ganz ähnlich verhält es sich mit den Eiern. MAGENDIE berichtet, dass sich ein gesunder, junger Mann 12—15 hartgekochten Eidottern nicht ernähren liess.



Dabei muss noch sogleich in die Augen springen, dass für verschiedene Individuen je nach Alter und Beschäftigungsweise etc. der Begriff der Nahrung sehr wechselnd sein müsste, für alle einzelnen Körperzustände müsste entsprechend modificiren. Ein jugendlicher Organismus bedarf zum Wachsen zum Ansatz von Stoffen im Allgemeinen eine andere Art der Nahrung als der Körper eines Arbeiters, dessen Muskelsystem vor allem in Anspruch genommen wird und daher eine überwiegende Ausbildung verlangt.

Die Körperzustände in Beziehung auf die quantitativen Verhältnisse der Organe sind individuell sehr verschieden. Sie sind abhängig von der Ernährungsweise, welche vorausging. Es muss sich immer fragen, welche Aufgabe setzt, den bestehenden Körperzustand zu erhalten oder zu ändern zu verändern. Danach wird es sich richten, ob wir eine Nahrung für ein betreffendes Individuum passend finden oder nicht.

Und wie mannigfach modificiren sich diese Verhältnisse in Krankheiten?

Die Organwiegungen von E. Biscoff, die er in Verhältniss mit dem Gesamtkörpergewicht setzte, geben wenigstens für einige verschiedene Körperzustände Anhaltspunkte.

E. Biscoff bestimmte die Organgewichte an einem 33 Jahre alten stämmigen Mann von 168 Cm. = 5' 2" 3''' Par. Hingerichteten, der vollkommen gesund erschien, an einem durch Sturz verunglückten und augenblicklich getödteten Mädchen von 159 Cm. gross, üppig gebaut, wohlgenährt, ebenfalls gesund. Dieselben Bestimmungen machte er mit an der Leiche eines gesunden fettarmen 16jährigen Selbstmörders, eines Knaben und neugeborenen Mädchen und einer 6monatlichen Frühgeburt.

Die folgende Tabelle machte die beobachteten Verschiedenheiten anschaulich.

	Mann:	Weib:	Jüngling:	Neugebornes	
				Knabe:	Mädchen:
Gewicht des ganzen Körpers in Grm. .	69668	55400	35547	2400	2969
in Procenten des Körpergewichts . .	%	%	%	%	%
des Skelet. . . . .	15,9	15,1	15,6	17,7	15,7
die Muskeln . . . . .	<b>41,8</b>	<b>35,8</b>	<b>44,2</b>	<b>22,9</b>	<b>23,9</b>
Brusteingeweide . . .	1,7	2,4	3,2	3,0	4,5
Baucheingeweide . . .	7,2	8,2	12,6	11,5	12,4
Fett . . . . .	<b>18,2</b>	<b>28,2</b>	<b>13,9</b>		<b>13,5</b>
Haut . . . . .	6,9	5,7	6,2	20,0	14,3
Gehirn . . . . .	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>3,9</b>	<b>15,8</b>	<b>12,2</b>

Die Tabelle lehrt direkt, wie verschieden der weibliche Körper von dem männlichen in Beziehung auf Fettreichthum und Muskulatur sich zeigt. Der grössere Fettgehalt des weiblichen Körpers darf nicht als etwas Anormales betrachtet werden. Entsprechende Unterschiede zeigen sich bei Vergleichung des kindlichen neugeborenen Organismus mit dem des Erwachsenen und des ersteren mit dem noch Ungeborenen.

Aus den Wasserbestimmungen, die E. Biscoff an den Organen des Hingestochenen des neugeborenen Mädchen anstellte, ergiebt sich, dass der Körper des Embryos aus:

53,5 % Wasser  
44,5 % feste Theile,

der Körper des Neugeborenen aus:

66,1 % Wasser  
22,6 % feste Theile.

schene wog im Ganzen:

69668 Gramm =

40709,4 Wasser

28958,6 feste Theile;

Wasser treffen auf:

Muskeln . . 22027,4 Gramm = 75,7 %

Fett . . . 3760,6 „ = 29,9 „

Haut . . . 3493,5 „ = 72,0 „

Blut . . . 2836,0 „ = 83,0 „

Leber . . . 4076,0 „ = 60,3 „

Gehirn . . . 1027,0 „ = 75,0 „

Im des Neugeborenen hatten:

84,8 % Wasser;

das Gehirn 89,4 %, Blut 85 %.

Interessant ähnliche Bestimmungen für noch weitere Körperzustände zu machen. Bei Krankheiten würden sie uns einen Einblick in die nothwendigen Vorbedingungen einer für den speciellen Fall zweckentsprechenden Ernährungsweise geben.

### Zur Entwicklung der Ernährungslehre.

Um die tägliche Ernährung, zu welcher Hunger und Schwäche bei mangelnder Nahrung civilisirten Menschen wie den Wilden mit gleicher unabweisbarer Nothwendigkeit treibt; die Erfahrung, die so alt ist wie das Menschengeschlecht, dass ein Mangel an Nahrung und unzweckmässige Nahrungsmittel mit der Erhaltung der Gesundheit unvereinbar sind wie Hunger; dass in Zuständen von Krankheit und bei dem Wechsel der Beschäftigungen und äusseren Lebensbedingungen, dass Krankheiten in den Lebensaltern dieselben Ernährungsweisen von mangelhafter oder schädlicher Wirkung werden, die unter anderen Umständen unschädlich oder teilweise zuträglich erscheinen, lenkten früh die Aufmerksamkeit der Denker den Blick auf die Nahrung zu. Wir finden in den ältesten Ueberlieferungen gebildeter Völker, z. B. bei den Indern, der Griechen die Ernährungslehre der Stufe des damaligen naturwissenschaftlichen und ärztlichen Wissens angepasst, mit wahrhaft überraschender Sorgfalt. Es waren, wie wir sehen, zunächst diätetische Fragen, die sich bei der Wahl der Nahrungsmittel aufdrängten, und die alte Ernährungslehre geht über in eine Diätetik, die für die verschiedenen Lebensverhältnisse bis ins Einzelne aufstellt.

Die Ernährungslehre der Griechen entsprach es über das »Was« auch das »Warum« der Nahrung. Man fragte nach den tieferen Bedürfnissen, denen durch die fortgesetzte Nahrung genügt werden sollte. Wir erstaunen, wenn wir in den Aussprüchen des Hippokrates einer Unterscheidung zweier Zwecke begegnen, denen die Nahrung genügen sollen, einer Unterscheidung, die wir in analoger Weise in den fortgeschrittenen Detailkenntnissen angepasst, im Allgemeinen ebenfalls finden. Aristoteles unterscheidet, abgesehen davon, dass die Nahrung zum Körpererforderlich ist, Stoffabgabe (Abgabe von Flüssigkeiten durch die Haut), für die Nahrung Ersatz zu leisten habe, und Wärmeabgabe (vorzüglich in der Athmung), deren Erhaltung ebenfalls die aufgenommenen Nahrungsmittel dienen sollten. In der That, auf die Ausscheidungen durch Nieren und Darm erkannte er die hohe Abhängigkeit von der jeweiligen wechselnden Nahrungsaufnahme zeigen, er sah in ihnen, den grössten Theil noch heute, das zur Ernährung des Körpers Unbrauchbare der Nahrungsmittel (das Bittere), dessen sich der Organismus wieder entledigt, entspricht von der Flüssigkeitsabgabe durch die Haut und ihren insensiblen Aus-



scheidungen. Aus seinen Aussprüchen geht deutlich hervor, dass man sich Hauptursache des Verbrauchs der Körperstoffe bei mangelnder Nahrung in unserem Sinne die fortschreitende Wärmeabgabe des menschlichen (animalus) (wir pflegen dafür einen der chemischen Gründe der Wärmeerzeugung, zuführen), erkannt hatte. Dieser Verbrauch an Wärme- (bildendem) Stoff des durch die Nahrung ersetzt werden. Er sagt z. B.: die wachsenden Körper, welche natürliche Wärme eingepflanzt, sie erfordern daher die meiste Nahrung, zehren sie ab. Hippokrates suchte in den Nahrungsstoffen ein specifisch ein Aliment, das er in analogem Sinne als Bestandtheil der Nahrungsstoffe, man sich seit und nach seiner Zeit die Stoffe aus den sogenannten Aristotelischen zusammengesetzt dachte. Er suchte offenbar dieses nährnde Princip mehreren dieser Elemente. Denn allgemein dachte man sich, wenigstens als Grundlage aller leiblichen Bildung jene vier im engeren Sinne sogenannten Elemente Wasser, Luft und Feuer, wozu die Lehre der Pythagoräer ein fünftes, höchstes Aether setzte. Auch der leibliche Mensch ist (harmonisch) aus jenen vier Elementen. »Wenn nach Gottes Geheiss die Seele den erkaltenden Leib verlässt, dann wird sie wieder zur Erde, der Hauch zur Luft, die Feuchtigkeit kehrt hinab zur Erde, kehrt zum Aether zurück« (ORIGENES). Die vier gewöhnlichen Elemente erschaffen schon Aristoteles keineswegs als das eigentlich Erzeugende der leiblichen Form, haupt nicht als letzter Grund des sichtbaren Stoffes. Aristoteles nennt als Grund des Leibes statt jener vier Elemente vier Eigenschaften der Materie (Kräfte): Trockenheit und Feuchte. Jene vier gewöhnlichen Elemente werden von ihm der ersten Ordnung betrachtet, aus ihnen bilden sich als Elemente der zweiten Ordnung die gleichartigen Theile der organischen Körper: Knochen, Fleisch u. s. w., entstehen als Bildungen der dritten höheren Ordnung die verschiedenen Glieder der Nahrung, wenigstens die animalische, solche Elemente zweiter Ordnung führt, kann von dem tiefen Einblick in die natürlichen Vorgänge, dem wir entgegen, nicht verborgen geblieben sein.

Aus den Bildern, welche von den Griechen zur sinnbildlichen Darstellung der animalen Organismen, vor allem des Menschen mit der Atmosphäre, des Lebensvorganges gemacht werden, geht mit Deutlichkeit hervor, dass sie die schon dem Vorgang des Lebens und dem einer Verbrennung erkannt hatten. z. B. bei Aristoteles, der die Nothwendigkeit des Verkehrs des Herzens (des belebenden Kräfte der Atmosphäre kannte, an verschiedenen Stellen Andeutungen in dieser Richtung. Das Herz ist ihm der heimathliche Herd, auf welchem verwahrt, die Burg, das Feuer des Lebens ernährt wird, denn von ihm, dem heissen Leibes, geht die Wärme aus, welche bei dem Hauptgeschäft der Seele, zu bewegen, ein so nothwendiges Erforderniss ist, dass der Tod hauptsächlich Erlöschen der Wärme entsteht. Die nothwendige Beziehung der Athmung (animalen Wärme hat Aristoteles zuerst erkannt (cf. Athmung).

Wir können es aussprechen, dass den anatomischen und chemisch-physikalischen Kenntnissen entsprechend die wissenschaftliche Ernährungslehre der damaligen Zeit mit der unseren nicht zu scheuen braucht.

Die Forschung über den menschlichen Organismus baute zunächst auf, fort, welche der Begründer der naturwissenschaftlichen Methode, Aristoteles, gelegt hatte, es war die vergleichende Anatomie und die Anatomie des menschlichen Körpers. Man suchte mit dem glänzendsten Erfolge die Verrichtungen, den Nutzen der Organe durch Vergleichung zu erkennen, auf welchem Wege schon Aristoteles bedeutenden Fortschritten gelangt war und der noch unsere Zeit immer noch zuführt. In Beziehung auf chemisch-physikalische Anschauungen sehen wir, dass über die Vorgänge im Organismus dagegen nur langsam sich entwickeln. Ein halbes Jahrtausend später finden wir bei CLAUDIUS GALENUS, dem grössten Arzt



seiner Zeit, die alten aristotelischen Anschauungen wieder, nur gleichsam aus der abgestorbenen Sprache der Poesie in die alltägliche, bürgerliche Ausdrucksweise übertragen. Eben citirten Aussprüche seines Meisters über Herz und Lungen im Zusammenhang mit tierischen Wärme fasst er in das prosaische nicht einmal ganz passende Bild einer Zusammenfassung: «das Blut spielt die Rolle des Oels, das Herz des Dochts, und die athmende Lunge ist ein Instrument (Blasebalg), welches die äussere Bewegung zuführt.»

Es ist klar, dass wir für die Erklärung der chemisch-physikalischen Vorgänge, welche der menschliche Körper zeigt, also vor allem seiner Wärmebildung von den Denkern immer noch dieselben Anschauungen und Ausdrucksweisen benutzt finden, welche sich die Zeit zur Erklärung der Beschreibung chemischer und physikalischer Vorgänge gebildet hatte. Wohl schon vor Zeiten des CALIGULA, der aus Auripigment Gold machen wollte, wovon uns PLINIUS berichtet wird, wurde die Chemie durch das Bestreben unedle Metalle zu edlen, namentlich Gold zu machen, zuerst als praktische Wissenschaft geschaffen und entwickelt. Freilich mögen die ägyptischen Büchern über die Scheidekunst des Goldes und Silbers, welche DIOSCORIDES im Gegensatz zu den vergeblichen Versuchen der Goldmacher zu verbrennen gebot, manche specielle chemische Erfahrungen niedergelegt gewesen sein.

Es schloss sich an die Annahme von vier sinnlich wahrnehmbaren Elementen oder «Muttersubstanzen» bald die Lehre der Alchymisten an von den drei Grundstoffen oder Grunddingen: Schwefel, Salz und Quecksilber, für welche beide letzteren auch Arsenik und Erde genannt wurden. Sie werden auch in gewissem Sinne unseren «Kräften» analog als Hauptbedingung der körperlichen Formung aus den vier Elementen betrachtet. In diesen Grunddingen der Alchymisten setzte man eine Art von Individualität voraus, denn jedes Metall hat seinen eigenen Schwefel, sein besonderes Salz u. s. f. Die späteren Chemisten des 17. Jahrhunderts nehmen auch eine Zusammensetzung des menschlichen Leibes wie der Metalle an, nicht blos aus den «vier Müttern», sondern nächst diesen aus den drei Grunddingen an. Es hängt es zusammen, dass das grosse «Arcanum», nach dem sie suchten, nicht nur ein Mittel Metall in Gold verwandeln, sondern auch die Universalmedizin sein sollte. — So war das erste Eingreifen und die Fortschritte der Chemie, auf denen unsere jetzige Anwendung basiert, zunächst mit einem Rückgang in den wissenschaftlichen Fragen verbunden, aber indem sich die wissenschaftliche Betrachtung ein neues Erklärungsprincip, das sich der Natur aneignete, sehen wir in diesem scheinbaren Rückschritt, der über dem Eindruck der halbverstandenen Erfahrungen des Altgewussten zu vergessen scheint, den Beginn einer neuen, fortgeschrittenen Zeit. Die Chemie sammelte als Alchemie eine Summe von Erfahrungen, eine erstaunliche Menge von Versuchen wurde gemacht. Das dort Neugewonnene übertrug man sogleich auf das Gebiet der Physiologie. Chemische Vorgänge, bei denen Wärme ohne Feuererscheinung entwickelte, schienen noch tauglicher zur Erklärung tierischer Wärme als das Aristotelische Feuer. Man fasst die Vorgänge, bei welchen wie bei der Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten Gasentwicklung und Wärmebildung ohne Feuererscheinung beobachtet wurde, unter der allgemeinen Bezeichnung «Gährung» zusammen und rechnete hiezu alle diejenigen Prozesse, bei denen, wie z. B. bei der Einwirkung von Säuren auf kohlenstoffhaltige Alkalien und Erden, oder auf Metalle eine Zersetzung und Anwendung höherer Wärmegrade erfolgte.

Nach PARACELSUS Ansicht zerlegt der «Archäus» (chemische Kraft und Lebenskraft) im menschlichen Körper die Speisen in die Essenz, das Gute, und in das Unbrauchbare, Giftige, das Böse. Letzteres wird als schädliches Exkrement im Harn, Koth und Athem ausgeschieden, ersteres als Ersatz der fortwährenden Organverluste.

Die Iatrochemiker dachten sich diese Stoffverluste des Körpers, zu deren Ersatz die Stoffe eingeführt werden, unter dem Einfluss ihrer «Gährungen» eintreten. Zu Gährungen dieser Art schien durch das Zusammentreffen verschiedenartiger Flüssigkeiten im Körper, des alkalischen Blutes mit dem sauren Inhalt des Magens, der dem Blute zugeführt wird, reichlich Gelegenheit gegeben. Die «Essenz» von PARACELUS, gleich dem

Hippokratischen Aliment, ist für sie der gährungsfähige Schleim, den Stoffe enthalten sollen.

Die Mechanik hatte sich in stätigem Gang neben ihrer jüngeren Schwester fortentwickelt. Das Problem des Lebens suchten beide Wissenschaften auf Gebote stehenden Hilfsmitteln zu lösen. Aerzte schlossen sich diesen Bestrebungen an, und es entstanden die sich bekämpfenden Schulen der Introchemiker und Introphysiker, deren Streit oft an die Diskussionen unserer Tage zwischen den analogen Schulen der Physiologie und Medicin erinnert.

Während die chemische Schule nach Analogien tastend das Leben aus den bekannten chemischen Vorgängen zu erklären suchte, war die mathematisch-mechanische Betrachtungsweise, die Intromathematik zu den schönsten Erfolgen in Beziehung auf die Theorie der mechanischen Bewegungen des Organismus und im Organismus selbst und der Thiere gelangt. Man konnte den Versuch wagen, das Problem der Lebens- und Arbeitsthatigkeit mechanisch-experimentell zu lösen, und HELMHOLTZ macht uns auf aufmerksam, dass wir von diesem Gesichtspunkt die kunstreichen Automaten kennen haben, welche man baute, und die wie die fliegende hölzerne Taube des ARCHYTAS (108 v. Chr.), der menschliche Automat des ALBERTUS MAGNUS, dem THOMAS BARTHELEMY Schrecken den Kopf zerschlug, als er ihm die Thür öffnete und ihn scheinbar lebend aus dem Automaten des REGIOMONTANUS, VAUCANSON, der beiden DROZ animale und speciell mechanische Vorrichtungen nachahmten. Die mechanische Schule stellte neben die von der angenommenen Ursache von Substanzverlust durch Gährung die Abnutzung, die der arbeitenden, bewegten Organe als eine zweite Ursache auf. Die Abnutzung der organischen Maschine des Menschenleibes ebenso und aus analogen Gründen, denen sie bei ihren Automaten und bei jeder anderen Maschine erfolgt. Die Ursachen aus beiden, den chemischen und physikalischen Ursachen, sollten durch die Nahrungsmittel gedeckt werden.

Damit waren die beiden Gesichtspunkte im Principe aufgefunden, nach denen die Ernährungsfragen beurtheilt zu werden pflegen: Wärmebildung und Organbildung.

In dem Streit der sich bahnbrechenden neuen chemischen Anschauungen an die alten chemischen und der darauf gebauten alt-chemischen Theorie machte die Ernährung indirekte Fortschritte.

Der Irländer ROBERT BOYLE stellte in seinem *Skeptical Chymist* 1661 zuerst die Ansichten der neueren Chemie auf, er nahm eine grössere Zahl von einfachen Stoffen an, ein anderes Gesetz ihrer Verschiedenheit als jenes nach den vier Elementen. Die Grunddinge: die Gestalt der Atome sollte die Verschiedenheit der einfachen Stoffe bestimmen. Durch unseren STAHL wurde die Chemie wissenschaftlich gestaltet, das phlogistische, konnte jedoch dauernd sich nicht behaupten. BERZELIUS und STROMAYER in den drei Naturreichen die gleichen Elemente an, die sich nach BERZELIUS in den organischen Substanzen in verwickelterer Weise verbinden als in der anorganischen Natur, in den Pflanzen und Thierstoffen wasserige und brennbare, in den Mineralien anorganische Bestandtheile vorwiegen. Eine Menge von Stoffen, z. B. Salze, hatte man schon in organischen Körpern isolirt und als Bestandtheile erkannt (cf. unten).

A. HALLER, der Begründer der neueren Physiologie, den man mit Stolz die Begründer des 18. Jahrhunderts nannte, fasst die wissenschaftlichen Ansichten seiner Zeit in seinen Worten zusammen. Die thierische Wärme entsteht (vor allem) aus chemischen Vorgängen im Körper selbst. Die Nahrung deckt die beständig unter der Einwirkung der Wärme und durch die Abnutzung der Organe entstehenden Verluste. Durch die heftigen Einflüsse entstehen scharfe Stoffe, die als schädliche Exkrete ausgeworfen werden. Diese Ansicht ist darum von Wichtigkeit, weil hier zuerst der moderne Begriff des Stoffwechsels auftritt, ein Theil der Auswurfstoffe des Körpers entstammt diesem. Er wusste, dass die Faser, welche ihm die Organisationseinheit der thierischen



deren Stoffverluste durch die Nahrung ersetzt werden sollen, bestehe aus Wasser, geringen Bestandtheilen, unter denen neben salzigen Stoffen (thierisches Alkali) vor das Eisen speciell bekannt war, aus Oel und luftförmigen Bestandtheilen. Aus dem als aufgenommenen Fleische und den mehligten Nahrungsstoffen wird nach ihm in der Nahrung eine gallartige Lymphe gebildet, die sich in die Lücken, welche die abgehenden Theilchen gelassen, ansetzt und so den entstandenen Verlust ausgleicht. Der aus Pflanzennahrung hervorgehende Nahrungssaft dient zu den dem Organismus an anderen chemischen Zwecken. Er ertheilt dem Blute den nothigen Salzgehalt; er durch seine Säure die alkalische Schärfe des Blutes, bringt also zunächst einen jener Vorgänge hervor, von denen seit der Lehre der Iatrochemiker die Erzeugung der Wärme abgeleitet wurde.

HALLER steht sonach, wenn sein Wissen auch noch im Einzeldetail mangelhaft ist, auf einer höheren Stufe der Erkenntniss dieser natürlichen Prozesse als seine Vorgänger. Seine Ideen sind Vorläufer für die Anschauungen der Neuzeit vom Stoffwechsel und dem ungleichen Werthe der verschiedenen Nahrungsstoffe für die Ernährung.

Am 1. August 1774 wird als der Tag genannt, an welchem PRIESTLEY den grössten chemischen Fund seines Jahrhunderts machte, als er den Sauerstoff entdeckte. Als dessen Entdecker ziemlich gleichzeitig muss SCHEELE genannt werden. LAVOISIER verstand diesen Fund zu dem grössten Fortschritt in der Chemie zu verwerthen, welcher der vor ihm schon aufgestellten Theorie der Elementarstoffe BAYLE's erst ihre eigentliche Begründung gab. An dem Gesetz der Verbindung mit Sauerstoff wurde die neuere Chemie aufgebaut. Die neue Kenntniss über den chemischen Vorgang bei den vorzüglich wärmeerzeugenden Processen, den Verbrennungen, Oxydationen verworthe er für den Process der Wärmebildung in der Athmung (cf. diese). Er erklärte die Nothwendigkeit des Sauerstoffes der animalen Organismen mit der Luft daraus, dass der wesentliche Luftbestandtheil der Sauerstoff, die Lebensluft in der Athmung aufgenommen werden müsse, um einen Nahrungsvorgang zu unterhalten, an den der Fortbestand des animalen Lebens geknüpft ist. Die Quelle der thierischen Wärme ist. Die Vorgänge der Zersetzungen im Thierismus unter dem Einfluss der Luft, die man früher als Gährungen bezeichnete, wurden durch die Sauerstoffnahme bei der Athmung neu erklärt. Diese Zersetzungen müssen eingeführte Nahrungsstoffe, denen die Fähigkeit zukommt, Sauerstoff in sich aufzunehmen, und mit ihm Kohlensäure, Wasser und stickstoffhaltige Verbindungsprodukte zu bilden, dem Körper wieder ersetzt werden. Das Abhängigkeitsverhältniss der Thiere vom Sauerstoff wurde erkannt; die Anschauungen unserer Zeit über die allgemeinen Ernährungsvorgänge im Thier- und Pflanzenreiche, wie sie im zweiten und dritten Kapitel dargestellt wurden, basiren auf den von LAVOISIER eingeführten Ansichten.

Die natürlich wurde der neuen Lehre, die zunächst noch mit unberechtigter Anmassung, erklären zu können, aufrat, Widerstand entgegengesetzt, besonders in Deutschland, die geistreiche Experimentalforschung und Kritik STAHL's fortgesetzt ihre Anhänger auch unter den Chemikern zählte. Sehr wichtig war es, dass der bedeutendste Experimentalphysiologe dieser Zeit, MAGENDIE, auch in Paris selbst doch nicht so ganz die absolute Nothwendigkeit der neuen Lehre zur Erklärung der Vorgänge in den animalen Organismen anerkannte. Es gelang ihm an dem mehr angestaunten als ausgebauten Lehrgebäude in ähnlicher Weise zu rütteln. LAVOISIER hatte für die Erklärung der Athmung angenommen, dass aus dem Blut eine kohlen- und wasserstoffreiche Flüssigkeit in die Lungen flüsse, welche dort verbrannt würden zu Kohlensäure und zu Wasser. MAGENDIE konnte nicht mehr als das Wasser die ältere Ansicht als begründet experimentell beweisen, dass das Wasser, welches durch die Lungen abgegeben wird, wenigstens sicher seiner Hauptbestandtheile nach nicht aus einer Verbrennung, sondern aus dem in den Säftekreislauf eingeführten Sauerstoff stamme. MAGENDIE fuhr fort, in der von HALLER angebahnten Richtung zu experimentiren; er ist der Begründer unserer experimentellen Forschung in der Ernährungslehre. Die Fortschritte der Chemie hatten eine grosse Anzahl neuer Stoffe aufgefunden, altbekannte



näher erforscht. Er unternahm es, die in den Nahrungsmitteln enthaltenen Stoffe näher auf ihre Wirkung für die Ernährung zu untersuchen. Von ihm ist die Einteilung dieser Stoffe in stickstoffreiche und stickstofffreie (oder stickstoffarme). Seine Versuche ergaben, dass die stickstofffreien Nahrstoffe: Rohrzucker, Gummi, Olivenöl, nicht vermögend sind, die animalischen Organismen zu erhalten, die ausschliesslich gefütterten Thiere gingen unter allen Zeichen der Inanition zu Grunde. Bei der Fütterung verzehrt sich alles Fett, die Muskelmasse sehr bedeutend vermindert. TIEDEMANN bestätigte MAGENDIE's Erfahrungen über die Unfähigkeit allein zur Ernährung für die stickstofffreien Substanzen: Zucker, Gummi, Stärke durch Versuche an Hunden.

Für die Klasse der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe ergaben die Versuche ein werth verschiedenes Resultat.

Der Leim allein genossen scheint auf die Dauer nicht zu nützen, dagegen blieben Thiere, die bloss mit Käse oder harten Eiern gefütterte, am Leben, obwohl sie schwach wurden und die Haare verloren, ebenso bewies MAGENDIE, dass von fettlosem Eiweiss wenigstens Nagethiere sich zu erhalten vermögen. TIEDEMANN und GRUBER bewiesen, dass Gänse mit ungenügenden Mengen gekochten und zerhackten Eiweiss über längere Zeit am Leben, während ihre mit Gummi gefütterten Gänse am 16., mit Zucker- und Stärke am 24. Tag starben.

Die Versuche ergaben, dass unter den einfachen Nahrungsstoffen nur die Eiweissstoffe unter diesen vor allem das Muskelfleisch zur Unterhaltung des Lebens geeignet sind, indem dass, wie MAGENDIE nachweisen konnte, bei seinen Versuchen eine Verhinderung der Chylusbildung auch bei der Zufuhr der einfachen stickstofffreien Stoffe eintrat, und starben dabei die Thiere unter allen Zeichen der Verhungierung.

Folgerichtig wurden zwei Schlüsse aus den experimentellen Beobachtungen gezogen, im Zusammenhalt mit der täglichen Erfahrung:

1) Nahrungsstoffe, welche für sich allein nicht im Stande sind, das Leben zu erhalten, erhalten eine unverkennbare Nährfähigkeit, wenn sie mit anderen Stoffen gemischt werden. So ist der Leim nach MAGENDIE mit anderen Nahrungsmitteln, z. B. mit Brod, Wein, Mineralen, genossen eine nahrhafte Substanz (Brod genügt dazu nicht), ebenso Gummi, Fett. Ihre verschiedenartige Wirkung z. B. auf Mästung von Thieren und Menschen ist längst praktisch festgestellt und z. B. durch PROUT in diätetische Regeln gebracht. Prout muss für den Menschen nach ihm wie die von der Natur als erstes und bestes Nahrungsmittel dargebotene Milch aus den beiden MAGENDIE'schen Stoffgruppen sein: den stickstofffreien, PROUT's Sacharina (Zucker, Stärke, Gummi etc.) und Fett), und den stickstoffhaltigen, die PROUT richtiger Albuminose nennt (animalische vegetabilische Albuminate). Auch die Nahrung aller Thiere enthält die Vertreter beider Stoffgruppen, ebenso die Gräser und Kräuter als die animalischen Nahrungsmittel, welche zum wenigsten aus Eiweiss und Oel (Fett) bestehen.

2) Der zweite Schluss, den man daraus zog, war der, dass das Eiweiss (Albumin) allen Nahrungssubstanzen die höchste Stufe einnehme. In ihm glaubte man das höchste, das eigentliche Nutriment, die Essenz aufgefunden zu haben. Die Rolle, welche man dem «nährfähigen Schleim», der «gallartigen Lymph» zugeschrieben hatte, wurde den stickstoffreichen, Stoffen, die im Körper alle in eigentliches Eiweiss umgewandelt werden, zugeschrieben. Je leichter sie in Eiweiss umgewandelt werden konnten, umso besser seien sie zur Ernährung (J. MILLER). Früher hatte man wohl geglaubt, dass, welche auch der thierische Organismus überhaupt die Fähigkeit zur Eiweissbildung besitze, die stickstoffreichen Nahrungssubstanzen habe. Die Untersuchungen MAGENDIE's haben dies unzulänglich gemacht. Schon MILLER schloss, dass der Stickstoff der Organismen aus der stickstoffreichen Nahrung stamme und die stickstofffreien Substanzen sich im Thier nicht in Eiweiss umwandeln, sein grosses Verdienst ist es, mit grösserer Konsequenz als es bisher, auf den Gehalt an stickstoffreichen Substanzen in den vegetabilischen Nahrungsmitteln zu haben, von denen Menschen und Thiere leben, wie Reis, Mais, Getreide.

gerührt. Diese Ansichten über den hohen Werth der Albuminate wurden ergänzt in der Ansicht der Anhänger der LAVOISIER'schen Lehre. Sie lehrten, dass der in der Nahrung zugeführte und in den Lungen verbrannte Kohlenstoff und Wasserstoff die Ursache der Wärmebildung sei. Die berühmten Versuche von LAVOISIER, DULONG und BERZELIUS über den Zusammenhang der thierischen Wärme mit der Aufnahme von Sauerstoff und die Versuche von KÖHLER über die Bildung von Kohlensäure hatten diese Seite der Ernährungslehre experimentell neu

geklärt. Von der Wahrheit des Satzes, dass die stickstoffreichen Eiweissstoffe der Nahrung im animalen Körper allein vorstünden, stellte BOUSSINGAULT seine Tabelle auf, die den Ernährungswerth (Heuwerth) der vegetabilischen Nahrungsmittel vorzüglich zu landwirthschaftlichen Zwecken, in welcher die Futterstoffe nur nach ihrem Stickstoffgehalt verglichen werden, während der alte Heuwerth THÄER's berechnet war nach der Menge aller Stoffe, welche aus der Nahrung in das Blut übergehen könnten.

Die Principien einer wissenschaftlichen Ernährungslehre waren, wenn auch formulirt, doch aufgefunden. Aber viel fehlte, dass diese Lehren Eingang gefunden hätten in den Kreisen der Vertreter der Medicin und Gesundheitspflege, sowie der ebenfalls vertheilten Landwirthschaft. Nirgends so schwer wie in Gebieten der praktischen Erfahrung, die ihre Beobachtungszeit nach Jahrtausenden zählt, sind alte Vorurtheile und halbverstandene Ansichten zu bekämpfen. Ueberall fehlten in den praktischen Kreisen nicht der gute Wille, so doch die nothwendigen chemischen Vorkenntnisse, die Resultate der Forschung zu verstehen, geschweige denn anzuerkennen oder nach ihnen gebotenen Richtschnur zu handeln.

Es war es, der die chemisch-physiologischen Theorien sicher zu formuliren, zu widerstand definitiv zu brechen und den Gewinn des praktischen Nutzens für Gesundheitspflege und Landwirthschaft aus ihnen zu ziehen verstand und lehrte. Diese Theorie, lange ebenso angestaunt wie angekämpft, lässt sich vielleicht in Kürze zusammenfassen.

Die stickstoffhaltigen Stoffe, welche wir im thierischen Organismus antreffen, werden nicht im Körper erzeugt, sondern schon fertig gebildet ihm zugeführt. Auch der Pflanzenwelt alle Albuminate seiner Organe aus seiner Nahrung. Aus dem Albumin entstehen stickstoffreichen krystallinischen Zersetzungsstoffe, die sich in den Sekreten und Exkreten, in Organen selbst vorfinden. Es wird darauf hingewiesen, dass aus Eiweissstoffen und Kohlehydraten in gewissem Sinne nahestehende Produkte oder diese selbst im Körper gebildet werden können. Aus Kohlehydraten der Nahrung scheint sich im Körper bilden zu können: jedenfalls wird das Fett der sich mästenden oder Milch liefernden Pflanzenfresser diesen nicht direkt in der Nahrung zugeführt.

Die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte der Albuminate gehen im Harn ab, sie (vorwiegend Harnstoff) können als Mass der Eiweisszersetzung im Organismus betrachtet werden. Als weiteres Mass für die Stoffzersetzung im Allgemeinen kann auch die in der Athmung ausgeschiedene Kohlensäure dienen, welche das Masse des oxydirten Kohlenstoffs aus dem Körper entfernt, ebenso der zur Oxygenommene Sauerstoff.

Es ist unter Rücksichtnahme auf die Harn- und Respirationsausscheidung (aus Haut und Lungen) im Stande, die Grösse des Stoffwechsels (Stoffverbrauchs) bei Thieren und Menschen unter verschiedenen Bedingungen der Ernährung, Lebensweise, Ruhe und Arbeit, Lebensalter zu bestimmen und daraus die Bedingungen der Lebenserhaltung durch die Nahrung bezüglich ihrer Quantität und Qualität für das gewöhnliche Leben und für besondere Fälle (Wachsthum, Krankheiten, bei Thieren Mastung, Milchbildung etc.) abzuleiten, so kann durch genaue Kontrolle der Nahrungseinfuhr bestimmt werden, ob die Nahrung zum Ersatz alles in den Exkreten Ausgegebenen hinreichte, oder ob



der Körper von seinen Organbestandtheilen noch zuzuschiesse musste, also dass ob er von den eingeführten Stoffen einen Theil als überschüssig zurück behielt.

Mit diesen Darlegungen war die Methode der Forschung auf das Wenige reichert. MAGENDIE und die anderen Experimentatoren hatten sich bei ihren Versuchen über die Nahrungsmittel darauf beschränkt, Gewichtsbestimmungen der Gase und Ursubstanz vorzunehmen, die nur im Allgemeinen den Schluss über Abnahme oder Zunahme des Körpers bei einer bestimmten Kost gestatteten. Jetzt eröffneten sich tiefere Stoffwechselvorgänge im Organismus selbst.

Neben der Schöpfung der exakten Forschungsmethode stellte LIEBIG auch die Gesichtspunkte in der nach seinem Namen benannten Theorie kurz auf; es sind die wir schon bei den Griechen und dann in allen Entwicklungsperioden in verschiedenen Nahrungsmitteln begegneten. Der Fortschritt besteht darin, dass die verschiedenen Nahrungsmittel ihre festen Rollen zugetheilt werden.

Der Ernährungsvorgang hat zwei Zwecken zu genügen: der Organbildung und der Wärmebildung. Unter dem Einfluss ihrer Thätigkeit (Abnutzung) erleiden die Theile von ihnen mit Sauerstoff verbinden, fortwährende Verluste, die durch die Nahrung wieder ausgeglichen werden müssen. Ein Theil der animalen Wärme stammt von der Organoxydation. Der grösste Theil derselben wird bei genügender Nahrung aus den eingeführten Nahrungsmitteln geliefert, die im Körper unter dem Einfluss des in der Nahrung aufgenommenen Sauerstoffs verbrennen.

Diesen beiden Zwecken entsprechend theilte LIEBIG die Nahrungsmittel in zwei Klassen: in dem nöthigen Wasser und anorganischen Salzen ein in:

- 1) Organbildende: plastische und
- 2) Warme bildende: respiratorische Nahrungsmittel.

Die plastischen Nahrungsmittel sind allein die Albuminate.

Die respiratorischen Nahrungsmittel sind vorzüglich die Fette und Kohlenhydrate. Neben diesen betheiligen sich an der Wärmebildung auch die anderen Bestandtheile der Nahrung, in wie weit sie sich mit Sauerstoff verbinden können. Je mehr Sauerstoff ein bestimmtes Nahrungsmittel in sich aufnehmen kann, desto mehr ist es fähig die Wärme des Körpers zu bestreiten; Fett steht in diesem Sinne vor den Kohlenhydraten und Proteinen.

LIEBIG setzte selbst nach diesen Gesichtspunkten die Quantitäten, die im Allgemeinen für die Ernährung notwendig sind, für Menschen und Thiere fest. Eine grosse Anzahl von Forschern: Physiologen, Aerzte, Thierzüchter betheiligten sich mit mehr oder weniger Erfolg an der Lösung der vorliegenden Fragen.

Nachdem durch LIEBIG die Aufgabe im Allgemeinen umgrenzt und die Gesichtspunkte gefunden waren, stellte sich für die Anwendung derselben in der Praxis die Aufgabe, das im Allgemeinen Erkannte nun im Einzelnen noch genauer kennen zu lernen.

Im Allgemeinen soll durch die Nahrung ein Verlust des Körpers verhindert werden, eine Massenzunahme seiner Organe, überhaupt eine stoffliche Veränderung in ihm vermieden werden. Man muss zu diesem Zwecke den Stoffwechsel unter den verschiedenen Bedingungen und Zuständen durch das Studium der Zersetzungsprodukte kennen lernen, namentlich feststellen, wie viel davon von jedem einfachen Nährstoff vom Darm zum Blut übergeht, welchen Einfluss auf die Umsetzung jeder derselben hat, und dann genau gekannte Gemische verhalten (VOIT).

Die Arbeiten von FREMERY, BIDDERS und SCHMIDT und TH. L. W. v. BERNHARDT sind nächst zu nennen, an die sich die viel citirten Untersuchungen von BARBARUS anschliessen. Nach LIEBIG's Theorie hatte man angenommen, dass der Eiweissverbrauch der Organe nur bei ihrer Thätigkeit erfolge. Die Untersuchung ergab, dass bei der Eiweisszufuhr in der Nahrung auch der Eiweissverbrauch steige. Es schien demnach nicht mit der Theorie in Einklang zu bringen. Indem man annahm, dass der Hunger zerstörte Eiweissmenge der Abnutzung der Organe entspreche, glaubte man, dass in der Nahrung über dieses Minimalmass zugeführte Theil des Eiweisses



flüssig, wie man sich ausdrückte, im Blut verbreune; man nannte das Luxus-  
 on. Sie ist gegenwärtig im Begriff in Vergessenheit zu gerathen, nachdem man  
 hat, dass die LIEBIG'sche Theorie diesen Fall als einen besonderen stets in sich  
 hatte und die alten Ansichten über die strenge Scheidung der organisirten und  
 isirten Bestandtheile des animalen Organismus sich als unhaltbar herausgestellt  
 ie flüssigen Körperbestandtheile müssen, solange sie das Organ passiren, als Be-  
 e desselben angesehen werden; sie treten wirklich in die Organisation ein; sie  
 u sich an der Lebensthätigkeit des Organs, ihr Zerfall steht mit diesen in direkter  
 g (cf. oben S. 110 Molekularstruktur). Was hier von den Albuminaten gesagt ist,  
 selbstverständlich auch für Fette und Kohlehydrate.

uer Zeit machte die Untersuchungsmethode noch zwei wesentliche Fort-  
 Was LIEBIG postulirt hatte, dagegen von fast allen Experimentatoren bestritten  
 ass aller aus dem Stoffumsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile stammende  
 im Harn wiedererscheine, dass also bei Gleichgewicht der Eiweisszufuhr in der  
 mit der Eiweisszersetzung im Organismus aller aus der Zersetzung stammende  
 im Harn wiedererscheine, wurde von BIDDER und SCHMIDT für die Katze, von VOIT  
 ROFF mit aller Entschiedenheit für Hunde, von J. RANKE für den gesunden ruhenden  
 u. von VOIT für die Taube, von HENNEBERG für Rinder nachgewiesen. Das so oft  
 te Stickstoffdeficit existirt nicht. Wo sich ein solches, bestimmte Fälle aus-  
 en, in den Versuchsergebnissen findet, sind die Methoden als mangelhaft zu bezeich-  
 Stickstoff des Harns haben wir also wirklich ein Mass des Umsatzes der stick-  
 gen Körperstoffe. Der zweite Fortschritt ist die Ermöglichung der Bestimmung  
 irationsverluste durch v. PETTENKOFER's Respirationsapparat (cf. Athmung). Wir  
 uns zur Darstellung des gegenwärtigen Standes unserer Lehre.

### Bedingungen der Zersetzung im Körper.

wissen, dass während der Dauer des Lebens im Organismus nur eine  
 Ruhe existirt. Während wir die Gebilde der anorganischen Natur in  
 ihrer Zusammensetzung mit einem Gebäude, etwa mit einer Mauer  
 können, an welcher alle die an ihr wirksamen Kräfte in ein stabiles  
 icht gelangt sind, können wir die scheinbare Ruhe des Organismus mit  
 chgewichte vergleichen, welches ein mit Wasser gefüllter Trog eines lau-  
 runnens erkennen lässt, bei welchem der Wasserstand nur darum ein  
 ibender ist, weil in der Zeiteinheit gleichviel Wasser zu- und abfließt.  
 her Weise wie in letzterem Falle wechseln im thierischen Organismus  
 die Stoffe, welche ihn zusammensetzen. In der Nahrung treten neue  
 die Stelle alter, verbrauchter in ihn ein, die, nachdem sie ausgedient  
 ieder von neuem Materiale ersetzt werden müssen.

andig cirkulirt ein Säftestrom durch den gesamten Organismus von  
 Zelle, sodass die flüssig beweglichen Stoffe keinen Augenblick in irgend  
 te in vollkommener Ruhe sind. Auf diesem Wege, während diese Säfte-  
 Zellmembranen durchsetzt (BISCHOFF und VOIT) finden sich die Bedin-  
 er Zersetzung und Oxydation, auf welcher wir die Kräfteentwicklung  
 ismus beruhen wissen. Das neu hinzukommende Material aus der Nah-  
 icht sich diesem Säftestrom bei, cirkulirt mit und ersetzt so das Verloren-  
 s. So wie es einmal mit den übrigen Säften gemischt ist, existirt keine  
 mehr zwischen ihnen, die neu aufgenommenen Moleküle können den

nächsten Augenblick wenigstens zum Theile mit in die Zersetzung hinein werden.

Wir (BISCHOFF und VOIT, VOIT) statuiren hiemit einen Unterschied zwischen dem cirkulirenden Säftematerial des Organismus, Blastem oder Plasm (BISCHOFF und VOIT), cirkulirender Vorrath, Vorrathseiweiss, und den festen Bestandtheilen desselben: den Zellenhüllen, Zellkernen, dem Zellinhalt abgelagerten festeren Partikeln, den geformten Organen. Letzteren fallen zwar auch der Zersetzung anheim, aber es sind bei Stoffänderungen weit langsamer als bei den flüssig beweglichen Masse, die Zellen durchströmen und bald Bestandtheile einer Drüsenzelle, Muskelschlauches oder des Blutes oder einer Nervenröhre sind.

Die Zersetzungen dieses Blastems erfolgen nach inneren, im Organ selbst gelegenen Bedingungen. Nur soviel Sauerstoff, als von dem Blut in der Athmung gebunden wird, kann vom Körper zu Oxydationen verwendet werden. Wir wissen, dass den Blutkörperchen vor allem die Aufgabe anheimgeliegt, den in das Blut aufgenommenen Sauerstoff den Geweben zu übermitteln. Es ist einleuchtend, dass mit der Menge der vorhandenen Blutkörperchen bei bester Cirkulationsgeschwindigkeit und Athmung die Oxydationsgrösse abwärts schwanken müsse. Es kann in einer gegebenen Zeit unter diesen Einschränkungen nur eine bestimmte, für den jeweiligen Körper bestimmte Zahl der Blutkörperchen — unveränderliche Stoffmenge oxydirt werden. Es geht aus den experimentellen Beobachtungen hervor, dass die Bedingung für die Oxydation im Organismus je nach der Menge der aufgenommenen Nahrung sehr schwankend ist. Es nehmen vor allem mit dem steigenden Eiweissgehalte des cirkulirenden Blastems auch die Oxydationsbedingungen an Intensität zu. Man vermisst damit auch die Blutkörperchenmenge steigt (VOIT).

LEIBIG hat entscheidend darauf aufmerksam gemacht, dass die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffes es ist, welche die Ernährungsverhältnisse bestimmt.

PETTENKOFER und VOIT haben den experimentellen Beweis geführt, dass die Sauerstoffaufnahme eine verschiedene Grösse annimmt je nach der Art der Nahrung. Das genossene Eiweiss bestimmt die Sauerstoffaufnahme, und fällt mit der Menge des aufgenommenen Fleisches. Sehr wichtig für das Verständniss der Fettwirkung ist es, dass durch aufgenommenes Fett die Sauerstoffaufnahme herabgedrückt wird, sodass dann, wenn zu einem bestimmten Gewichte Fleisch, welches eine bestimmte Sauerstoffmenge aus der Luft aufgenommen hat, nun noch Fett dazu gegeben wird, die Sauerstoffaufnahme sinkt. Ebenso ist es bei Aufnahme von Zucker und Leim (?) zu Fleisch. Alle diese Stoffe wirken vermindern auf die Sauerstoffaufnahme ein. Wenn wenig Sauerstoff aufgenommen wird, werden auch die Oxydationen geringer. Es kann also den aufgenommenen Stoffen ein Theil unverbrannt gespart werden. Organbestandtheile werden kann, indem er aus dem cirkulirenden Blastem heraustritt. So kann Massenzunahme der Organe — Mastung — eintreten.

Es wirkt auch Muskelbewegung auf die Sauerstoffaufnahme ein. Das Gegentheil bewirkt Ruhe schon für sich. Ausserst wichtig ist daher, dass in der Ruhe während der Nacht im Schlafe von dem Menschen ein Sauerstoffvorrath aufgenommen wird.

wird, der erst in den wachen Stunden nach und nach hrt.

erstoff verhält sich, wie schon oben angedeutet wurde, in ganz ver-  
eise gegen die im Organismus vorhandenen Stoffe. Während die festen  
neist einer sehr langsamen Zersetzung unterliegen, etwa 1% täglich  
rleidet die cirkulirende Säftemasse einen sehr raschen Verbrauch,

Je grösser dieser Zersetzungs-vorrath der cirkulirenden Säftemasse  
ist — welcher je nach der Nahrung, welche aufgenommen wurde,  
er niemals einige Pfunde flüssig gedachtes Fleisch (Eiweiss + 75% aq)  
— desto bedeutender ist die Gesamtzersetzungsgrösse. Letztere  
i Falle, dass eine reichliche Ernährung stattfindet, also in geringerem  
er Masse der festen Organe, in höherem von dem Blasteme (Vorrath,  
i Eiweiss Vorr) ab. So kann es kommen, dass ein Organismus, wel-  
nissmässig wenig feste Organe besitzt, ebenso viel oder mehr aus-  
ein anderer, welcher ihm in ersterer Beziehung weit überlegen ist,  
r cirkulirenden Verbrauchsvorrath in sich enthält, da er in der letzten  
oder andere Nahrung erhalten hat.

gerzustände, in welchem schliesslich der Blastemvorrath auf ein  
erabgesetzt wird, kommt nun dagegen die Organmasse zur überwie-  
eltung. Die Organe sind, was ihre festen Theile betrifft, Reservoirs,  
der Organismus Stoffe in seinen Zersetzungs-vorrath herein nehmen  
reift so das Grundkapital an, was bei mangelndem Ersatze schliesslich  
neidlichen Bankerott des Organismus führen muss. Je gefüllter diese  
sind, desto mehr kann an den Zersetzungs-vorrath abgegeben werden,  
nicht aber die Zersetzungsgrösse des Organismus eine untere Grenze,  
ie sie nicht weiter herabsinken kann, es bleibt dann die Menge der in  
t ausgeschiedenen Zersetzungsprodukte konstant zum Beweise, dass  
aber genau bestimmte Zersetzungsgrösse für die Erhaltung des Lebens  
mus unumgänglich nöthig ist.

ht sonach ganz verschiedene Körperzustände, in welchen die Grösse  
itigen Zersetzung genau die gleiche sein kann.

assen stets die Organismen je nach der Masse ihrer festen Organe oder  
Zersetzungs-vorrathe ins Auge fassen. Es existiren hierin die grössten  
gen; die mannichfaltigsten Kombinationen von Organmasse und Vor-  
n ein gleiches Resultat in Beziehung auf den Stoffverbrauch hervor-  
it).

ir gesehen haben, dass unter Umständen — im Hunger — aus den  
ler Organe Stoffe in den Verbrauchsvorrath abgegeben werden können,  
Organismus also an Organmasse abnimmt: abmagert; ebenso kann  
vorrath an die Organe abgegeben werden, sodass der Körper organ-  
nästet wird. Diess tritt nach den obigen Andeutungen dann ein, wenn  
ssverhältniss zwischen der Menge der genossenen Nahrungsmittel und  
mmenen Sauerstoffs zu Gunsten der ersteren einstellt.

in Untersuchungen von BISCHOFF und VOIT werden die allgemeinen Stoffwechsel-  
olgender Weise dargestellt, soweit sie sich auf Organ, Plasma und Sauer-  
3 Faktoren des Stoffwechsels, beziehen:



Die Umsetzung (Stoffwechsel) ist stets das Produkt aller drei Faktoren auf ist denselben direkt proportional.

Die Grösse der Umsetzung wird also steigen, wenn die Masse des Organs zunimmt; sie wird fallen, wenn die Masse des Organs klein ist oder abnimmt; gewisser Grenzen immer unabhängig von der Menge des Plasma oder des Sauerstoffs.

Die Grösse der Umsetzung wird ebenso steigen, wenn die Masse des Plasma auch wenn die beiden anderen Faktoren nicht zu sondern vielleicht sogar abnehmen, bei annähernd gleichbleibenden anderen Faktoren die Menge des Plasma abnimmt.

Die Grösse der Umsetzung wird endlich steigen, wenn die Menge des Sauerstoffs zunimmt, auch wenn die Masse des Organs oder des Plasma nicht grösser wird; sie wird abnehmen, wenn die Menge des Sauerstoffs direkt oder indirekt ein Theil des Disponiblen anderweitig in Beschlag genommen wird, abnimmt; die Umsetzung kann stets nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung aller drei Faktoren werden.

Die Beziehungen des Blutes zu dem Plasma (circulirendem Eiweiss), werden bei der Besprechung der Blutmenge und deren Vertheilung im Organismus behandelt werden.

### Fleischnahrung.

Nach dem Gesagten ist der Werth der verschiedenen Nahrungsmittel für den Organismus sehr verschieden.

So absolut nothwendig in der Nahrung Eiweissstoffe vorhanden sind, um ihren fort und fort eintretenden Verlust zu ersetzen, so wäre es gekommen falsch, sich durch diesen Gesichtspunkt zur Annahme verleiten zu lassen, als wäre das Fleisch unter allen Umständen das zweckmässigste Nahrungsmittel. Da es die Sauerstoffaufnahme steigert, so darf es da nicht in zu grosser Menge gereicht werden, wo es darauf ankommt, einen herabgekommenen Organismus wieder organreicher zu machen.

Es ist bis jetzt noch niemals gelungen, einen menschlichen Organismus auf reiner Eiweisskost — mit fettfreiem Fleische z. B. vollständig zu ernähren.

Die tägliche Kohlensäure-Ausscheidung des erwachsenen Menschen beträgt nach meinen mit dem PETTENKOFER'schen Respirationsapparate gemachten Versuchen etwa 760 Gramm oder 207 Gramm Kohlenstoff. Diese Zahlen während der Körperruhe nur sehr geringen Schwankungen unterworfen; in energiegelagerter Zustand fanden sich während des ersten Hungertages 663 Gramm Kohlenstoff, 184 Gramm C, bei übermässiger gemischter Kost belief sich die Steigerung auf 926 Gramm CO<sub>2</sub> oder 252 Gramm C.

Es ist deutlich, dass wir es hier mit einem ziemlich gleichbleibenden Bedürfnisse zu thun haben.

Nehmen wir nur 200 Gramm C als die wahrscheinliche Respirationsbedürfnisse in 24 Stunden an, so bedürfen wir allein zur Deckung dieses Bedürfnisses 1599 Gramm fettfreies Fleisch, das bei einem Wassergehalt von 75,0 Prozent Kohlenstoff enthält. Da in 100 Gramm Fleisch 3,4 Gramm Stickstoff enthalten sind, so berechnet sich der Gehalt an diesem Elemente in den 1599 Gramm Fleisch auf 54,4 Gramm. Bei der Zersetzung des Fleisches verlässt der ganze N-Menge den Organismus als Harnstoff. Um für diese N-Menge den erforderliche Gewicht an C zur Harnstoffbildung zu erhalten, bedarf es der Zersetzung von 200 Gramm Fleisch, sodass die für einen Erwachsenen

merkwürdig, dass der Ansatz von Muskel bei fettreicher Fleisch-  
kost so sehr bedeutend ist, wie man ihn erwarten sollte. Die grösste  
Nahrung verwendeten Eiweisses bleibt in dem cirkulirenden Säfte-  
n den Organen sich festzusetzen, sodass bei Fleischkost die Eiweiss-  
e enorme in 24 Stunden ist. Während ein gesunder Mann in einem  
Gramm Harnstoff ausscheidet, der grösstentheils aus dem zersetzten  
kann, kann die Harnstoffausscheidung durch Fleischgenuss bei  
zeit bis auf 86 Gramm gesteigert werden (J. Ranke). Nehmen wir  
ass die mechanischen Arbeitsleistungen des thierischen und mensch-  
mus in der Eiweissoxydation ihre Quelle haben, so müssen wir uns  
nsicht hinneigen, dass ein solcher, so massenhaft Albuminate zer-  
mismus auch die grösste Kraft müsste entwickeln können. Es ist  
hierauf interessant, dass die heutigen englischen Faustkämpfer wie  
fer im klassischen Alterthume sich durch fortgesetzten fast aus-  
Fleischgenuss auf ihre enorme Kraftleistung vorbereiten.  
s bringt ein bedeutend gesteigerter Fleischgenuss nicht sofort das  
äftigung hervor. Das erste Gefühl ist stets eine ganz auffallende  
Abgeschlagenheit der Muskeln verbunden mit nervöser Aufregung,  
s zur Schlaflosigkeit steigern kann. Vielleicht haben wir hierin die  
plötzlich in so grosser Menge aus den Verdauungsorganen in das  
da in die Organe — Muskeln und Nerven — gelangenden Kalisalze  
von denen wir schon wissen, dass ihre Wirkungen den eben ge-  
tsprechen.

Mitgetheilte stützt sich vor allem auf die Ergebnisse der Ernährungsversuche,  
schoff und Voit und Pettenkofer und Voit sowie von Voit allein am Fleisch-  
gewonnen wurden. Sie wurden durch meine Versuche am Menschen auch  
ssentheils bestätigt; in neuerer Zeit haben auch Pettenkofer und Voit Unter-  
Menschen angestellt. Es ist interessant, die Ernährungsgesetze für den  
wie sie von den genannten Forschern gefunden wurden, hier direkt zu ver-



«3] Erhält der Hund grössere Fleischmengen als zum vollständigen Ersatz, so setzt er den Ueberschuss an. An dem folgenden Tage genügt indessen dieses Fleisch schon nicht mehr, um denselben Ansatz hervorzubringen, sondern wieder nur zum Ersatz gebraucht. Ein weiterer Ansatz von Fleisch wird nur während gesteigerte Nahrungsmengen erzielt.»

«4] Ist man auf diese Weise zu einem Maximum gekommen, so frisst der Hund mehr; er verliert dann rasch an seinem Gewicht und erlangt nun wieder die Fähigkeit Nahrung zu sich zu nehmen.»

«5] Wie schon erwähnt, verbraucht der Hund bei steigenden Fleischmengen weniger Fett von seinem Körper, bis er, wenn er von seinem Körper kein Fett giebt, dann auch kein Fett mehr verliert. Er entwickelt jetzt alle Wärme aus umgesetzten Fleisches.» —

Aus dem Gesagten erhellt, «dass, wenn man ein Thier durch Fleisch allein fleischreicher machen will, so bedarf es dazu grosser Mengen. Im Anfange, wenn schlecht bei Fleisch ist, wird der Ansatz stark sein, allein so wie es sich entwickelt mit der Menge der Nahrung fortwährend gestiegen werden, weil mit der Vermehrung der Masse des Thieres sich der Umsatz immer mehr steigert.»

Meine am Menschen gewonnenen direkten Versuchsergebnisse bestätigten im grossen für das Hauptobjekt der Physiologie diese Ernährungsgesetze. Nur ergiebt sich ein mehrmals erwähnte Unterschied, dass es mir nicht gelang, eine vollkommene Ernährung mit Fleisch zu erreichen. —

Wir treffen hier offenbar auf Unterschiede der Omnivoren von den Fleischfressern in Beziehung auf die Ernährung. Der von Bischoff und Voit zu ihren Untersuchungen nur halb so schwere Hund vermochte ganz gut 2500 Gramm (5 Pfd.) fettfreies Fleisch zu fressen, zu verdauen und umzusetzen; der Mensch vermag dies nicht, wenigstens das untersuchte Individuum. Es tritt hier gewiss die Einwirkung der Gewöhnung des Menschen an gemischte und darum weniger voluminöse, reichliche Kost in Wirksamkeit. Dem Menschen machte ich zuerst die allgemeine Beobachtung, dass bei übermässiger Zufuhr von dem Eiweiss desselben im Körper eine reichliche Menge zurückgehalten, Vorrath angesetzt werden kann, während gleichzeitig noch Fett vom Körper verliert wird. Diese Möglichkeit war bis dahin für andere Versuchsobjekte noch nicht bekannt worden. Die Erklärung liegt in dem relativen Fettreichtum des menschlichen Körpers. Auch Voit giebt neuerdings zu, dass auch bei dem Hunde die Fleischnahrung nur dann auf seinem Bestande zu erhalten vermag, wenn derselbe schon kräftig, fettarm ist.

Als Versuchsbeispiel siehe hier folgender von mir an der eigenen Person angestellter stündiger Versuch:

Anfangsgewicht (rein = ohne Koth im Darm) 72,927 Kilogramm

Endgewicht — — — — — 72,784 —

Differenz-Abnahme trotz der grösstmöglichen Fleischaufnahme: 143 Gramm

Einnahmen:	N	C	Ausgabe:
4832 Gramm Fleisch / Nahrung	62,29	229,36	86,3 Gramm Harnstoff . . . . .
70 — Fett	0	50,27	1,95 — — — — — Harnsäure . . . . .
3374 <sup>cc</sup> Wasser.			99,00 — — — — — Koth . . . . .
34 Gramm Kochsalz.			In der Respiration . . . . .
			2073 <sup>cc</sup> Harn.
			26,6 Gramm Kochsalz.

Die Differenz in den Einnahmen + 48,4 Gramm N und den Ausgaben entspricht dem rohen Fleische, die in irgend einer Form im Körper zurückgehalten, angesetzt, die Ausgaben zu decken, müssten mit Rücksicht auf diesen Ansatz noch 22,4<sup>g</sup> zersetzt werden, die vom Körper geliefert wurden. Es ergiebt sich dann insum-



ahme von 74 Gramm durch Wasserverlust. In zwei anderen Versuchen betrug Wässerverlust des Körpers bei übermässiger Fleischnahrung sogar: 4179 und 4089

en wir auch an, dass es für den Menschen möglich sei, ihn allein von Albuminaten zu ernähren, so stellt sich doch heraus, dass diese Ernährungsweise wenigstens nicht sparsam sein könnte. Das Eiweiss ist für sich, der inneren Konstitution seiner Elemente wegen, nur sehr wenig dazu geeignet, den fort und fort stattfindenden Stoff- und Energieverbrauch des Organismus allein zu bestreiten. Am sparsamsten d. h. mit dem geringsten Verbrauch an Nahrungsstoffen kann eine vollständige Ernährung durch einen reichlichen Verbrauch an Fett zum Eiweisse erreicht werden.

Der geringe Sauerstoff des Fettes neben seinem grossen Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff abgesehen von seiner Beeinflussung resp. Beschränkung der Sauerstoffaufnahme und Respiration haben darauf hingedeutet, dass dieser Substanz eine bedeutende Rolle im Leben des Organismus, dessen Kraftproduktion auf Verbrennungsvorgängen beruht, zugetheilt sein muss. Die experimentellen Erfahrungen an Thieren und Menschen zeigen, dass wir eine beträchtliche Menge von Albuminaten zu geniessen brauchen, wenn dem Körper genügend Sauerstoff führt wird.

Wenn genügend Fett im cirkulirenden Säftevorrath des Organismus vorhanden ist, so ist der Verbrauch an Eiweiss ein sehr geringer. So muss also, wie bekannt, ein fettreicher Organismus Hunger ohne allzu grossen Kräfteverlust, Verlust an Muskelsubstanz, länger ertragen als ein fettarmer, da ersterer wenigstens anfänglich mehr Fett aus seinen Organen in den cirkulirenden Säftemasse beizumischen vermag, sodass in ihr das Eiweiss-Fettverhältniss ein relatives Plus zu Gunsten des Fettes ergeben kann.

Die rasche Eiweissansatz bei reichlicher Fleischfütterung und der dadurch so enorm zu beobachtende Eiweissverbrauch des eiweissreicher gewordenen Körpers hat durch Voit dadurch eine befriedigende Erklärung gefunden, dass das Eiweiss dabei zunächst nicht fest in den Organen abgelagert, also zu Organ wird, sondern dass es im Plasma bleibt (cirkulirendes Eiweiss, Vorrathseiweiss Voit's). Das Plasma scheint nun eine viel raschere Zersetzung zu erleiden als das Organ. Es nimmt durch Eiweissnahrung zunächst der Eiweissreichthum zu. Empfängt das Blut mehr Eiweiss von der Nahrung, so schwillt der durchgehende Strom eiweisshaltiger Flüssigkeit (Plasma) an, und es wird mehr Eiweiss in die Zersetzung hineingezogen. Die Zersetzung ist um so grösser, je reicher an Plasma (Vorrathseiweiss) der Organismus ist. Nach mehrtägigem Hunger ist dieser vergängliche Vorrath vermehrt, aber von den täglich verlierenden Organen wird bis zum letzten Athemzuge verbraucht; der Verbrauch sinkt, weil dieser Organverlust langsam vor sich geht. Wird aber Eiweiss gegeben, und zwar ausschliesslich eiweissartige Substanz, so vermehrt diese zum grössten Theil nur den »Vorrath« und fällt somit der Zersetzung anheim; man muss sehr viel reine Eiweissnahrung einnehmen, um schliesslich den Verlust an Organen zu decken, und stellt auch durch die grösstmögliche Quantität desselben nie einen eiweissreichen Körper her. Durch grösstmögliche Eiweisszufuhr in der Nahrung steigt der Eiweissumsatz um das 45fache beim Hund steigen, ohne dass (erheblich) Muskel- oder Fleisch angesetzt wurde. Ist der »Vorrath« durch reichlichen Zufluss angewachsen, so ist man genöthigt, wenn er nicht wieder abnehmen soll, diejenige Menge Eiweiss, welche verbraucht hat, fortwährend darzureichen. So regulirt sich der Stand des »Vorrathseiweisses« (Vorrath). Nach einer reichlichen Mahlzeit nehmen wir mehr Sauerstoff in uns auf und verbrauchen mehr Stoffe (vor allem Eiweiss) als sonst, da sich mehr Eiweiss in dem cirkulirenden Plasma befindet. Dadurch befreit sich der Körper rasch von der überreichlich aufgenommenen Stoffmenge.

### Hungerzustand.

Der Hungerzustand ist von dem Zustande der Ernährung nicht verschieden. Die Lymphgefässe saugen fortwährend die in den Organen vorhandenen flüssigen Nährstoffe ein und führen sie dem Blute zu. Bei der Ernährung wird nur ein Organ — der Darm — künstlich von aussen her mit Nahrung überladen, sodass er plötzlich eine so grosse Säftemasse dem Blute übergeben kann, dass man die fort und fort genau in derselben Weise stattfindende Ernährung des Blutes aus den anderen Organen darüber zu überschauen geneigt ist. Je nach der eiweissreicheren oder fettreicheren Zusammensetzung der Organe ziehen die Säftemasse ihre Speisung, je nach der Menge des von einer Ernährungsperiode noch vorhandenen Plasmas (cirkulirenden Blutes) muss selbstverständlich der Hungerzustand bei verschiedenen Individuen verschieden sein, wie verschiedene Ernährung.

Ein hungernder Organismus der kein Fett besässe, müsste seine Körperverluste allein aus seinem Körpereiwäss bestreiten, er bedürfte eine sehr grosse Menge von Stoff ähnlich, als wollte er sich sonst durch Fleischnahrung erhalten. Je fettreicher er ist, je mehr Fett demnach der Vorrath aus den Organen neben Eiweiss übergeben werden kann, desto weniger wird sein Eiweissverbrauch sein, da nun ein Theil seiner Leistungen auf Kosten des Fettes bestritten wird.

Ein fettreicher Organismus verbraucht im Hunger also zuerst ein wenig Fett, sodass sich endlich das Eiweiss-Fettverhältniss seiner Organe zu dem des Eiweisses modificiren muss; schliesslich wird ein Zustand eintreten, in welchem das Eiweiss ein gewisses Uebergewicht über das Fett erhält, dasselbe hungernden Organismen der Eiweissverbrauch gegen den Fettverbrauch etwas zunimmt, während vorher eine Reihe von Tagen hindurch der Eiweissverbrauch, also auch die täglichen Ausscheidungen durch Respiration auf ein gleichmässiges Verhältniss sich erhält.

Man sieht aus dem bisher Gesagten, wie wenig wir auch für den Hungerzustand eine für alle Organismen allgemein geltende Verbrauchsregel aufstellen können. Ebenso wie bei verschiedener Nahrungszufuhr von aussen her die Verhältnissverhältnisse ganz verschieden sich gestalten, ebenso müssen sie sich gestalten, wenn die »innere Nahrungszufuhr aus den Organen« eine verschiedene ist. Kein Organismus mit einem anderen in Beziehung auf seine Körperverhältnisse ganz identisch ist, so ist auch der Zustand des Hungers bei jedem Individuum verschieden und wird für jeden quantitativ verschiedene Folgen haben.

Der Verlust an Organstoffen, welchen der Hungernde in 24 Stunden erleidet, ist im Allgemeinen ein nur sehr geringer. Sehen wir von der Salz- und Stickstoffabgabe ab, welche natürlich fort und fort stattfindet, so beträgt der Verlust kaum ein ganzes Procent.

Beobachtungen am Menschen, die uns hier vor allem interessieren, zeigen, dass auf 1 Kilogramm des menschlichen Körpers am zweiten Hungertage ein Verlust von 0,13 Gramm Stickstoff und 2,59 Gramm Kohlenstoff trifft.

Diese geringen Stoffmengen, welche täglich verloren gehen, machen es deutlich, dass der thierische und menschliche Organismus, besonders

und damit auch, wegen der im Trinkwasser enthaltenen anorganischen Salzaufnahme nicht gehindert ist, den Hunger so lange erträgt, so dass durch Mangel an Nahrungszufuhr allein meist erst zu Ende der dritten Wochentage der Tod tritt.

Im allgemeinen Selbstverzehrung entsprechend findet sich die Organmasse der hungernden Thiere sehr vermindert. Die Fettablagerungen sind gänzlich vermindert, auch die Muskeln sind sehr reducirt, während das Nervengewebe trotz öfters wenig Verluste zeigen. Der Tod tritt ein, nachdem das Körpergewicht etwa auf die Hälfte herabgesunken ist. Für den Menschen wurden aus einer Anzahl von 48stündigen Hungerversuchen die für den Fleischverbrauchenden Resultate bestätigt.

Die Bestimmungen Voit's war der Verlust, den die Organe einer verhungerten Katze erlitten, folgender:

	100 Gramm frisches Organ verloren:	100 Gramm trockenes Organ verloren:
Knochen . . . . .	13,9 %	— %
Muskeln . . . . .	30,5 „	30,3 „
Leber . . . . .	53,7 „	56,6 „
Nieren . . . . .	25,9 „	24,8 „
Milz . . . . .	66,7 „	63,1 „
Herz . . . . .	3,6 „	— „
Gehirn und Rückenmark	9,2 „	0 „
Fettgewebe . . . . .	97,0 „	— „
Blut . . . . .	27,0 „	17,6 „

Die Organe werden durch den Hunger wasserreicher. Bei einer verhungerten Katze betrug der Wassergehalt der Muskeln bis auf 76,5% gestiegen, während er bei einer gesunden Katze 74,6% betrug. Bei Fröschen sinkt nach meinen Beobachtungen die Wassermenge der Muskeln während des Winters, indem diese Thiere keine Nahrung zu sich nehmen, von 24% auf 17%, während der Wassergehalt entsprechend steigt. Das Blut verliert bei Hunger proportional dem Körpergewichte und Muskelgewichte ab (PAUUM). Dauernde Ernährungsstörungen machen sich beim Menschen in derselben Richtung geltend. Bei einem alten an Marasmus verstorbenen Manne z. B. waren die festen Bestandtheile der Organe bedeutend vermindert und durch vermehrtes Wasser ersetzt. Zur Vergleichung stelle ich meine Beobachtungen mit denen von E. BISCHOFF zusammen, die er an gesunden Hingerichteten in mittleren Jahren gewann:

100 Gramm feuchtes Organ enthalten feste Bestandtheile

	I. Mann im mittleren Alter:	II. Mann, alt:
Muskeln . . . . .	24,3 %	15,2 %
Gesammthirn . . .	25,0 „	19,5 „
weisse Gehirnmasse	— „	27,0 „
graue „	— „	13,8 „
Rückenmark . . .	30,3 „	27,1 „
Blut (normal) . . .	24,0 „	11,0 „ (bei einem durch Typhus erschöpften Mann von 46 Jahren).

Bei der Beobachtung von Voit an der Katze hatte das Gehirn am wenigsten von der ersten Ernährungsstörung gelitten. Auch beim Menschen kann sich das Gehirn am besten erhalten von den Störungen, die der Gesamtorganismus erleidet. Wir sehen bei den heftigsten Ernährungsstörungen (Krankheiten) nicht selten die geistigen Thätigkeiten länger erhalten, während die übrigen körperlichen Funktionen z. B. Muskelleistung



ganz darniederliegen. Störungen des Gesamtorganismus zeigen sich meist in weiter gehenden Fällen auf die chemische Zusammensetzung dieser Organe von barem Einfluss. So sehen wir, wie die vorstehende Tabelle ergibt, bei einer Ernährungsstörung die Abnahme an festen Stoffen im Muskel und den übrigen Organen in Hand gehen mit einer wenigstens ebenso starken Abnahme an festen Stoffen im Rückenmark.

Die Frage, warum der Tod bei dem Verhungern eintritt, früher als die Organe zehrt sind, ist noch nicht vollkommen gelöst. Es scheint, dass die grosse Wassermenge, welche die Organe erkennen lassen, die nöthigen Oxydationen nicht mehr in sich eintreten lassen, wie dieses aus bei der Ermüdung der Muskeln stattfindet. Der Wassergehalt ermüdet Nerven und die Muskulatur; der Schwachzustand der Organe ist wenigstens theilweise auf dieses Verhältniss zu beziehen. Eine solche Ermüdung oder Halbblähung der gesamten Muskulatur wird selbstverständlich die Funktionen wesentlich beeinträchtigen, besonders die Herz- und Athembewegungen, die grosse Reihe von Störungen, die sich daraus sekundär ergeben muss, vielleicht allein als Todesursache gelten kann.

Nach Vorr ist, wie sich aus dem oben geschilderten Verhalten des Plasmas ergibt, der Verbrauch von Albuminaten im Hunger im Allgemeinen um so bedeutender, je länger vor der Hungerperiode das Versuchsthier mit eiweissreichem Futter genährt war, wird mehr Eiweiss zersetzt als in den mittleren Tagen, zuletzt wieder mehr (aus den angegebenen Gründen). Der Eiweissverbrauch eines Hungernden ist keineswegs der zum Leben absolut nothwendigen Bedarfs an Nahrung; diese Menge schützt vor dem Hungertode (Vorr). Auch im Hungerzustande rufen alle Momente, welche die Oxydation des Eiweisses und den Uebergang von Organeiweiss in »Vorrathseiweiss« hervorrufen, einen grösseren Eiweissumsatz hervor, wie z. B. Genuss von Salzen, reichliche Trinken, entzündliche Processe etc.

Aus meinen Hungerversuchen an mir selbst angestellt wähle ich einen als Beispiel für den Menschen aus.

### Hungerversuch.

Beginn des zweiten Hungertags Mittags. Das körperliche Befinden vollkommen, kein Schwächegefühl; die Zimmertemperatur betrug im Mittel 19,50°C. Während der Nacht der Schlaf unruhig. Am Morgen stellte sich Schwere im Kopf, Magendruck, ziemlich schwaches Schwächegefühl ein. Das Hungergefühl zeigte sich nur bei der gewöhnlichen ausfallenden ersten und zweiten Nahrungsaufnahme, am Ende des Versuchs kaum bemerkbar.

Körpergewicht vor dem Versuch (rein)	69643	Gramm
„ nach „ „ „	68513	„
Abnahme . . . . .	1130	„

Aus den Ausgaben in Harn und Respiration wurden die Stoffverluste (des Kohlenstoffs und Stickstoffs) berechnet für 24 Stunden des zweiten Hungertags.

Ausgaben: (bestimmt)	N	C	Einnahmen: (berechnet)	N
17,025 Harnstoff . . . .	7,9155	3,5654	50,7 Gramm Albumin . . . .	8,02
0,236 Harnsäure . . . .	0,0786	0,0813	198,1 „ „ Fett . . . . .	0
In der Respiration . . . .	0	180,8300	Summe	8,02
Summe	8,024	184,5		

Der berechnete Gesamtverlust an Albumin und Fett beträgt 248,8 Gramm; man noch 7,7 Gramm Extraktivstoffe und Salze, die im Harn ausgeschieden werden.

an festen Stoffen beträgt sonach 236,5 Gramm, es treffen also von dem Gesamtgewichtungsverlust von 4430 Gramm auf Wasserverlust: 873,5 Gramm.

Über die allgemeinen Folgen des Hungers vergleiche man bei »Nahrungsbedürf-

nis» hat bei Menschen noch nach langem Hunger Bestimmungen des Harnstoffs, der in den Urinen ausgeschieden wurde, gemacht. Ich sah seine Ausscheidung bei Kranken, die weder gar keine Nahrung aufnahmen, auf 8—9 Gramm pro die sinken. Es geht also die Zersetzung bis zum Hungerlode fort (LASSAIGNE, SCHERER, C. SCHMIDT, BISCHOFF). REGEN's neue Bestimmungen stehen bei »Harnstoff«.

### Fettnahrung.

Die Erklärung für die oben mitgetheilte Thatsache, dass das Fett, welches in der Nahrung oder aus den Organen in die cirkulirende Saftmasse kommt, den Eiweissverbrauch herabsetzt, ergiebt sich aus der Wirkung des Fettes, die Stoffaufnahme zu beschränken (cf. Blutmenge).

Es begünstigt (nach VORR) das Fett den Uebergang des Plasmas in Organ-Eiweiss, d. h. den Ansatz des Eiweisses im Organ, das dann der Masse der Zersetzung unterworfen ist. Der Eiweissverbrauch des Organismus kann niemals durch Fett gänzlich vermieden werden. Stets ist in der cirkulirenden Saftvorrath neben dem Fett noch Eiweiss vorhanden, welches den Oxydationsbedingungen mit unterliegt. Dieser Eiweissverlust muss auch bei der Fettfütterung wieder ersetzt werden, wenn nicht langsam eine Eiweissverarmung des Organismus eintreten soll.

Ein vollkommenem Hunger verliert nach meinen Beobachtungen ein nicht arbeitender Mensch in 24 Stunden kaum mehr als  $\frac{1}{10}$  Pfd. Eiweiss. Dadurch, dass die Nahrung noch Fett gereicht wird, sinkt dieser Verlust noch etwas herab.

Es sollen auch hier die Lehrsätze, welche BISCHOFF und VORR nach ihren Untersuchungen an Fleischfresser in Beziehung auf die Fettfütterung aufgestellt haben, anreihen. Sie gelten für den Menschen vollkommene Geltung. Die Versuche lehren:

1. Dass die Umsetzung stickstoffhaltiger Körpertheile und der Verbrauch des Fleisches durch den Ersatz durch den Genuss von Fett nicht gehindert wird.

2. Dass selbst die Vermehrung des Umsatzes dieser stickstoffhaltigen Körpertheile durch die Fleischnahrung, durch Verbiendung mit Fett nicht verhindert wird, sondern derselbe in gleicher Weise steigt, als wenn auch vermehrte Mengen von Fleisch allein gefüttert werden.

3. Dass ferner sogar das Fett und vermehrte Mengen desselben den Umsatz der stickstoffhaltigen Körpertheile vermehren.

Die solche Vermehrung des Umsatzes findet bei jeder Vermehrung des cirkulirenden Saftvorrathes statt, wie er stets durch Nahrungsaufnahme erfolgt. Es finden sich ja, wie wir gesehen haben, die Bedingungen der Zersetzung während die Flüssigkeit die Zellmembranen durchsetzt. Je grösser die gleichzeitig wandernde Flüssigkeitsmenge, desto grösser auch die in ihr stattfindende Zersetzung sein, wenn eine dazu ausreichende Sauerstoffmenge vorhanden ist.

Dass aber dennoch das Fett stets die Umsetzung der stickstoffhaltigen Körpertheile um eine bestimmte Grösse herabsetzt, welche grösser ist als diejenige, welche nach dem vorhergehenden dritten Satz dem Umsatz vermehrt. Wenn dieser den Umsatz des Fleisches vermindern Einfluss des Fettes an und für sich so gross ist, kann es dadurch dennoch erzielt werden, dass die Menge des gleichzeitig



dem Thiere zu gebenden Fleisches nur  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{4}$  derjenigen zu sein braucht, ohne Fett geben muss, wenn es von seinem eigenen Fleische und Fette Nichts will.

3) Dass endlich der Verbrauch an Fett vom Körper durch das Fett in der Nahrung nach der gereichten Menge Fett und Fleisch vermindert oder ganz vermieden, ein Ansatz von Fett erzielt werden kann.

Voir erklärt die Wirkung des Fettes, Eiweiss der Nahrung zu ersparen, jetzt wie früher (Bacchoff und Voir) dadurch, dass die stickstofffreien Stoffe als leichtere den Sauerstoff für sich in Beschlag nehmen und dem Eiweiss entziehen; nur, dass die genannten Substanzen nicht leichter als das (circulirende) Eiweiss. Er erklärt jetzt diesen Erfolg bedingt durch den Uebergang eines Theils des zersetzenden »Vorrathseiweisses« in »Organeiweiss«. Während mit Eiweiss allein die Vertheilung von »Vorrathseiweiss« der Verlust von Organeiweiss und Fett nur schwach werden kann, wird bei der Zumischung einer bestimmten Menge der stickstofffreien Substanzen (z. B. Fett, das aus der Nahrung ins Blut gelangte Eiweiss zu gutem Theil ersetzt, und es genügt daher eine viel geringere Menge davon, etwa doppelt so viel, um den Hunger für den Hund, das abgegebene Organeiweiss zu ersetzen. Nicht die absolute Menge stickstoffloser Substanz bedingt den Uebergang ins Organ oder den »Vorrath«, sondern die Relation zum Eiweiss; auch bei der grössten gleichzeitigen Fettzufuhr kann der Uebergang zum Vorrath sich mengen, sobald es in verhältnissmässig bedeutender Quantität vorhanden wird. In einem fetten Körper bildet daher eine gewisse Gabe von Eiweiss für die Deckung des »Vorrathseiweisses«, während in einem fettarmen vor allem der »Vorrath« vermehrt wird. Auch die grösste Menge Eiweiss nicht mehr zur Deckung des Organeiweisses reicht. Der Arzt, welcher einen namentlich an Fett heruntergekommenen Kranken wieder in die Höhe zu bringen hat, muss der richtigen Beimischung von Kohlehydraten zum Eiweiss das höchste Augenmerk schenken; eine einseitige Vermehrung des »Eiweissvorrathes« könnte den von der Krankheit Erstandenen tödlich weihen, wie Voir sich drastisch ausdrückt.

### Ernährung mit Zucker, Stärke und Leim.

Alles was von der Wirkung des Fettes in der Nahrung neben Eiweiss bekannt wurde, lässt sich auch auf den Zucker anwenden. Auch er kann Eiweiss ersetzen in dem auseinander gesetzten Sinne. Der Zucker ist in sofern noch von grösserer Bedeutung, als er auch das Fett des Körpers zu ersparen vermag, daher, wenn ein Fettansatz gewünscht wird, ein zweckmässiger Zusatz zur Nahrung. Doch bedarf es dazu, dass der Zucker den Umsatz soweit befreit, dass der Ersatz durch die stickstoffhaltige Nahrung ausgeglichen wird. Fett vom Körper mehr verbraucht wird, grösserer Mengen als vom Zucker enthält ja weit mehr Sauerstoff als das Fett, es nimmt also ein grösseres Gewicht Zucker weit weniger Sauerstoff in Beschlag als Fett. Zwei Theile Zucker leisten nach PETTENKOFER und Voir im Körper des Fleisches die gleiche wie ein Theil Fett, was mit LIEBIG's älteren Angaben ziemlich stimmt. Indem er nach dem Sauerstoffverbrauch zur Verbrennung einer bestimmten Substanzmenge die verschiedenen Stoffe klassificirt, kommt er zu folgenden Resultaten: Es entsprechen sich für die Warmarbeit des Organismus:

- 100 Fett,
- 240 Stärkemehl,
- 249 Rohrzucker,
- 263 Trauben- und Milchzucker,
- 770 frisches, fettloses Muskelfleisch.



Stärkemehl hat in der Nahrung die Bedeutung wie der Zucker. Wir wissen, dass es durch die Verdauungsorgane in Zucker verwandelt wird. Der Organismus nicht als Stärkemehl sondern als Zucker zur Wirksam-

keit und die leimgebenden Gewebe spielen ebenfalls eine den Kohlehydraten ähnliche Rolle. Der Leim zersetzt sich zu Harnstoff, dessen Zersetzungsprodukte nehmen Sauerstoff in Beschlag und ersparen dem cirkulirenden Säftevorrath vorhandene Stoffe: Eiweiss, Fett, etc.

Die oxydirbaren, in der Nahrung und in der cirkulirenden Säftemasse vorhandenen organischen Stoffe haben den bisher genannten gegenüber einen Werth. Sie dienen mit zur Ersparung anderer oxydabler Materialien, doch ist ihre Wirkung, ihres verhältnissmässig grossen Verlustes wegen, geringer.

Sie sind die Extraktivstoffe des Fleisches zu rechnen, welche theilweise noch weiter oxydirt werden. Das elastische Gewebe des Fleisches bleibt seiner Unlöslichkeit in den Verdauungssäften wegen gar nicht zur Verfügung gelangen.

Die Extraktivstoffe des Fleisches analog verworthen der Organismus für Ernährungszwecke zum Theil die nicht giftigen stickstoffhaltigen Pflanzenorganischen, sauerstoffreichen Säuren in Verbindung mit Alkalien. Die Pflanzenfaser (Cellulose) von den Wiederkäuern in ziemlicher Menge aufgenommen, wurde oben S. 169 angeführt.

Die Kohlehydrate vermögen für einen Theil »Vorrathseiweiss« einzutreten. Leim kann eine Quantität desselben ersetzen (Vorr). Er vermag, wie aus seiner Zusammensetzung hervorgeht, in geringerem Masse Sauerstoff zu binden als Fette und Kohle-

hydrate. Die Aufnahme der stickstofffreien Substanzen in den Organismus und zu ihrer Ausnutzung, hauptsächlich zur Ausnutzung der Nahrung ist eine gewisse Menge einer an Eiweiss reicheren Nahrung erforderlich. Die betreffenden Beobachtungen wurden bei Versuchen an Hausthiere zu landwirthschaftlichen Zwecken (Mästung) gemacht. Wenn man einem Ferkel 14 Tage nur Kartoffeln gab, so kamen sie ausserordentlich herunter, weil ein grosser Theil der Kartoffeln unverdaut wieder abging; sobald er aber etwas eiweissreichere, z. B. Erbsen zusetzte, kam auch das Stärkemehl der Kartoffeln grossentheils zur Ausnutzung. Auch BOUSSINGAULT beobachtete, dass seine Schweine bei Fütterung mit einer Mischung aus beiden Klassen der Nährstoffe sich verhalten wie 1 : 8,7, an Gewicht bei einem Zusatz von Roggen, Erbsen, Molken etc., wodurch das Verhältniss der aufgenommenen stickstofffreien Futterstoffe wie 1 : 5,5 wurde, sich mästeten. J. LEBLANC beobachtete die gleiche Beobachtung wie BOUSSINGAULT; er fand weiter, dass seine Schweine bei einem Verhältniss wie 1 : 3 an Gewicht wieder abnahmen.

Die Ernährung eines Menschen mit stickstofffreier Kost stehe hier auch ein angeführter Versuch von 24stündiger Dauer:

Ein:	N	C	Ausgaben:	N	C
Fett . . . . .	0	109,91	17,4 Gramm Harnstoff . . . .	7,98	3,42
Stärke . . . . .	0	114,50	0,54 „ Harnsäure . . . .	0,48	0,19
Zucker . . . . .	0	38,27	95 „ Koth . . . . .	—	18,79
	0	254,68	In der Respiration . . . . .	0	200,5
			Summe	8,46	222,9

Es wurde Wasser getrunken 1324<sup>cc</sup>

Harn entleert. . . . . 758<sup>cc</sup>

Das Anfangskörpergewicht (rein) 72125 Gramm

„ Endkörpergewicht „ 72722 „

Es hatte also eine Zunahme um 297 Gramm stattgefunden. Diese Zunahme theils in Fettansatz, theils in Wasseransatz; der Körper wird auch nach den Erfahrungen Anderer bei stickstofffreier Kost wasserreicher. Der ausgeschiedene Harn stammt theils von dem zersetzten Körpereiwäss, theils aus der Nahrung. Das Albumin beträgt trocken (für 8,46 N) 54,55 Gramm. Rechnen wir seinen Kohlenstoff (Gramm) zur Ausscheidung des Gesamtkohlenstoffs, so blieben 64 Gramm Kohlenstoff im Körper zurück entsprechend 84,5 Gramm Fett. Der Körper hat sonach 54,5 Gramm Kohlenstoff verbraucht, dafür 84,5 Gramm Fett angesetzt, 30 Gramm mehr als er an festen Stoffen brauchte; da er aber nur um 297 Gramm an Gewicht zunahm, so beträgt, abgesehen von den Salzen, die nur eine sehr kleine Korrektur bedingen, für Wasseransatz 267 Gramm.

Der Versuch zeigt recht deutlich, wie die blosse Zunahme an Gewicht sicher ein Zeichen von Zunahme der wesentlichen Organbestandtheile ist. Bei uns sehen wir z. B. dagegen das Gewicht sehr bedeutend bis über 2 Pfd. in 24 Stunden nehmen, obwohl reichlich (über 4 Pfd.) Fleisch im Körper zurückgehalten wurde.

### Einfluss anorganischer Stoffe auf die Ernährung.

Durch Voit hat das Kochsalz eine erneute eingehende Untersuchung seines Einflusses auf die Ernährung erfahren.

Nach seinen Beobachtungen vermehrt das Kochsalz den Eiweissumsatz im Organismus und zwar darum, weil es den intermediären Stoffkreislauf und die Geschwindigkeit der Säftecirkulation von Zelle zu Zelle steigert.

Es wirkt (nach Voit) das Kochsalz im Organismus wie ausserhalb bei künstlich angestellten Diffusionsversuchen. Eine durch eine Membran geschlossene Röhre, in die man eine Kochsalzlösung hereingebracht hat, wenn man sie ins Wasser herein senkt mit grosser Kraft Wasser an; die Röhre wirkt wie eine Pumpe. Die gleiche Wirksamkeit entfaltet es im Organismus; es verdankt seine nützlichen Wirkungen für den Körper vor allem der Eigenschaft, die Bewegung der Flüssigkeit von Zelle zu Zelle, von Organ zu Organ einzuleiten (cf. unsere Darstellung der Hydrodiffusion).

Je rascher der Säftestrom erfolgt, je öfter ein und dasselbe Theil unter die Bedingungen der Oxydation gebracht wird, desto reichlicher fällt in der Zeiteinheit die Zersetzung ausfallen.

Es ist von selbst einleuchtend, dass dasselbe für alle anorganischen Stoffe, die Diffusion anregenden Körper- oder Nahrungsbestandtheile gilt; sie wirken also die gleiche Wirkung wie das Kochsalz entfalten; für das Glaubersalz wurde diese Vermuthung durch Ernährungsversuche erwiesen.

Aus meinen Diffusionsbeobachtungen am Muskelgewebe geht hervor, dass auch die leicht diffundirbaren Zersetzungsprodukte des Eiweisses (Kreatin, Kreatinin etc. etc.) oder der Kohlehydrate (Milchsäure und andere im Muskelsaft aufgefundenen organischen Säuren etc.) die gleiche Rolle spielen. Auch sie steigern, wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, den Stoffumsatz in den Organen; ein Muskel, der durch angestrenzte Arbeitsleistung sich



dukten seiner Substanz beladen hat, pumpt aus den ihn umgebenden Wasser in sich ein und wäscht dadurch jene ihn ermüdenden Stoffe heraus. Wie im Muskel findet natürlich auch in den übrigen Organen Vorgang unter den gleichen Bedingungen statt.

Durch Wasserzufuhr wird die Stoffzersetzung im Organismus ver-  
dem gleichen Grunde, den wir bei der durch Kochsalz gesetzten Stei-  
Umsatzes schon erkannten, nämlich dann, wenn durch das Wasser  
om auf eine höhere Stärke gehoben wird. Die gegentheilige Wirkung  
ein, wenn Wasser in den Organen gleichsam stagnirt, sodass sie an-  
ber sind, ohne dass sie gleichzeitig eine genügende Salzmenge zur  
lesselben in sich enthalten. So findet sich nach ermüdender Muskel-  
Muskel wasserreicher. Es hindert dann das Wasser die Stoffzer-  
tem es sich zwischen die oxydirbaren Moleküle einschleibt, sodass auf  
en Raume die Oxydationsbedingungen weniger oxydirbare Substanz  
so ihre Wirkung in geringerer Weise entfalten können als bei weniger  
en Organen. Es ist also unter Umständen das Wasser in den Organen  
ungsvorrichtung der Stoffzersetzung, wie sich das bei der Ermü-  
tuskels, welche im gesteigerten Wassergehalt einen ihrer Gründe hat  
besonders deutlich zeigt.]

Wassertrinken kann die Harnstoffausscheidung, die wir als ein Maass  
verbrauches im thierischen und menschlichen Körper ansehen, nicht  
d vermehrt werden.

Bewegung der Diffusion im thierischen Organismus ist nur eine der  
seiten der Wirkung der anorganischen Bestandtheile der Nahrung.

Wir haben schon die Wichtigkeit der Kalisalze und Phosphorsäure  
anzusammensetzung kennen gelernt.

Bei Pflanzen ist es (zunächst durch LIEBIG) erwiesen, dass die Stoffbil-  
zwar besonders von Eiweissstoffen nicht ohne die Kalisalze vor sich  
e, dass überhaupt das Wachsthum und die Zunahme der Pflanze an-  
entlich an die Anwesenheit der Kalisalze in der Pflanzennahrung ge-

Die Beobachtungen über die wichtigen physiologischen Wirkungen  
e, vor allem der phosphorsäueren, haben darauf hingedeutet, dass  
die von den organischen Geweben s. v. v. mit Begierde aufgenom-

n, auch für die thierische Ernährung von der grössten Wichtigkeit  
s. Durch die Untersuchungen KEMMERICH's ist es erwiesen, dass die  
s Fleisches in der Nahrung genossen, z. B. in der Fleischbrühe, einen  
enden Einfluss auf die Organbildung, zunächst Fleischbildung haben.

Die Wirkung von Kalisalzen hat dieselbe Ernährung einen höheren Erfolg  
ieselbe. Bei dem oben S. 118 dargelegten Imbibitions-gesetz der Or-  
auf eine mögliche Erklärung dieser merkwürdigen Beobachtung hin-  
Aehnlich wie Kalisalze scheinen auch organische Extraktivstoffe des  
wirken, wenigstens wirkte in KEMMERICH's Versuchen das »Fleisch-  
edeutender als seinem Gehalt an Kalisalzen allein entsprochen  
le. Dadurch bekommen wir einen neuen Einblick in die Gesetze des  
werths der einzelnen Nahrungsstoffe. Die Stoffe, welche den Fleisch-  
günstigen, wirken ganz analog wie nach VOIT's Darstellung das Fett,  
drate und der Leim, sie begünstigen die Bildung des »Organeiweisses«



aus «Vorrathseiweiss», trotzdem sie für sich betrachtet den Gesamt-  
erhöhen. Diese Erfahrung ist ganz analog der oben angeführten der T  
wo Eiweiss, dass für sich allein den Stoffwechsel steigert, den Ans  
licht. Der Kaligehalt des Bieres, der Molke, Milch, erlangt durch di  
tungen seine Bedeutung. cf. S. 177.

### Nahrungsmenge.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen haben wir uns nach d  
verhältnissen umzusehen, in welchen die Nahrungsmittel gereicht wer  
um den täglichen Körperverschleiss vollkommen zu ersetzen.

Es liegt sehr nahe, als unteres Maass dafür den Stoffverbrauch  
zustande anzunehmen; — man ist versucht zu glauben, dass ein  
zufuhr, welche den Hungerverschleiss deckt, auch eben zur Ernährung  
sein müsse. Meine Untersuchungen ergeben für den Verbrauch im  
dem Menschen im Durchschnitt etwa 50—60 Gramm Albumin und  
Fett im Tage. Reicht man diese Nahrung, so bemerkt man sogleich,  
Ersatz nicht ausreicht. Der Grund dafür liegt in der schon mehrfach  
Steigerung, welche der Umsatz erfährt, sowie durch Nahrungsaufnah  
kulirende Stoffvorrath in den Organen vermehrt wird.

Ein besseres Maass gewinnt man aus der Bestimmung der Aus-  
produkte, welche der Körper während 24 Stunden abgibt, bei einer  
ten, gewöhnlichen Ernährungsweise. Aus den bestimmten Zersä  
können die unbestimmten Einnahmen berechnet werden.

Bei einem derartigen Versuche fand ich als Normalzahlen für d  
dungsprodukte in 24 Stunden:

für Haut und Lungen:

$$\begin{aligned} &791,4 \text{ Gramm } \text{C O}_2 \\ &= 215,7 \text{ „ } \text{C} \end{aligned}$$

für den Harn:

$$\begin{aligned} &40,00 \text{ Gramm Harnstoff} \quad \} = 48,85 \text{ N} \\ &0,33 \text{ „ Harnsäure} \quad \} = 8,20 \text{ C} \end{aligned}$$

Die Gesamtmenge des ausgeschiedenen Kohlenstoffs betrug  
Das Verhältniss des N zum C in den Ausscheidungen beträgt:

$$1 : 12$$

Rechnen wir wie bei Hunger den ausgeschiedenen Kohlenstoff  
der Formel, welche Cuvreil für Menschenfett aufstellte —  $79\% \text{ C}$   
len —, so ergeben sich 200 Gramm Fett neben 122 Gramm Eiweiss.

Die Eiweissmenge in der gewöhnlichen Nahrung, die nur durch d  
Appetit geregelt wird, beträgt demnach gerade das Doppelte des Ei  
des hungernden Organismus, während der Fettverbrauch in beider  
gleich scheint, doch dürfen wir nicht vergessen, dass wenigstens ein  
auch von anderen kohlenstoffhaltigen Materien der Nahrung geliefert w

Es ist bemerkenswerth, dass das Stickstoff-Kohlenstoffverh  
Ausscheidungen auch bei grossen scheinbaren Aenderungen in der  
nahme, wenn diese dem Appetit zu bestimmen überlassen blieb,  
1 : 12 gefunden wurde.

klar, dass die Nahrung unter allen Umständen etwas mehr Stoffe enthält, als die Exkrete rechnen lassen würden, da ja ein Theil der ersteren unverdaut wieder verlässt. Da die Verdauungsstärke der verschiedenen sehr verschieden sich verhält, so lässt es sich mit weiterer Rück-sicht analog wirkende Momente begreifen, wie die gleiche Nahrung z. B. bei den Genossen eines Kosttisches so verschiedene Erfolge gen kann.

möglich, die Nahrung des Menschen nicht nur chemisch nach ihren Stoffen zu bestimmen, sondern sie auch für längere Zeit hindurchig zu halten; sodass man am Menschen ebenso wie an Thieren mit chenswerthen Exaktheit Ernährungsversuche anstellen kann. nem Mittelgewichte von 74 Kilogramm war meine Ernährung mit Nahrung, welche 45,22 Gramm N und 228,7 Gramm C enthielten, eine voll-sodass ich eine Woche hindurch meine Körperausgaben damit vollkom-t. Die Zusammenstellung der einzelnen Nahrungsstoffe war möglichst nlichen Essen der mittleren Stände nachgeahmt und sie kann wohl für mstände als Normalmischung gelten.

ahrung bestand in Folgendem:

1 Gramm Fleisch . .	= 8,5	Gramm N und	31,8	Gramm C
1 „ „ Brod . . .	= 5,4	„ „ „	97,44	„ „
1 „ „ Stärke . .	= 0	„ „ „	26,05	„ „
1 „ „ Eiereiweiss	= 4,52	„ „ „	5,99	„ „
1 „ „ Schmalz . .	} = 0,4	„ „ „	67,94	„ „
1 „ „ Butter . .				
1 „ „ Salz				
1 Cc. Wasser				

Zusammen 45,22 Gramm N und 228,7 Gramm C.

lickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss beträgt hier:

1 : 15

fleisch wurde vollkommen von dem anhaftenden Fett befreit gewogen mit einem Theile des Schmalzes gebraten; aus dem Reste des letzteren rke, Eiereiweiss und Salz wurde ein »Schmarren« bereitet. Die Butter Brode genossen.

llkommen diese Nahrung zur Deckung der Körperausgaben hinreichte, is einer kleinen Tabelle erkennen, in welcher den chemisch bestimm-nen in 24 Stunden, die ebenfalls chemisch bestimmten Ausgaben rselben Zeit gegenüber gestellt sind:

Einnahmen:

	N	C
In der Nahrung . . . . .	45,22	228,72

Ausgaben:

Im Harne . . . . .	14,84	6,52
Im Kothe . . . . .	1,12	10,6
In der Respiration . . . . .	0	207,0

Zusammen: 15,96 224,6.

Die Fehler = Differenzen in den Bestimmungen sind nicht grösser als bei einer chemischen Elementaranalyse der Nahrungsstoffe, wenigstens bei den Mengen, wie sie hier vorliegen, sich auch würden ergeben haben. Bei der Ernährung gleicht der Vorgang wirklich einer Elementaranalyse, genau soviel Stoffe im Körper verbrannt als in der Nahrung aufgenommen; doch muss man sich wohl vor der Meinung hüten, als seien die Nahrungsmittel, die in den Organismus eingeführt werden, direkt, wie es selbst während 24 Stunden so vollständig verbrennen. Es verbrennt nur ein aliquoter Antheil des cirkulirenden Säftevorrathes. Wenn einmal die Nahrung in diesen aufgenommen sind, so vermischen sie sich mit den vorhandenen, und die Oxydationsbedingungen machen keinen Unterschied. Jedes Molekül schon 14 Tage oder erst seit einer Stunde mit cirkulirt. Ich sehe das oben gebrauchte Beispiel von dem Troge eines fliessenden Brunnens, der oben beständig zu- und abfliesen, Einnahmen und Ausgaben halten, kommen das Gleichgewicht; es wird aber Niemandem einfallen, dass die Minute ausfliessende Wasser gerade dasjenige sei, welches während der Minute in den Trog einfliesst.

Setzen wir in die Tabelle der aufgenommenen Nahrungsstoffe die obigen Ausdrücke ein, so erhalten wir als ausreichende Nahrung für einen gesunden Mann von 74 KGramm, bei mässiger Körperarbeit:

an Albumin (15,5 N) . . .	= 400 Gramm
„ Fett . . . . .	= 100 „
„ Stärkemehl (Zucker) . . .	= 240 „
„ Salz . . . . .	= 25 „
„ Wasser . . . . .	= 2535 „

Zusammen: = 3000 Gramm = 6 Pfd.  
wovon 4 Pfd. feste Nahrungsstoffe.

Es ist nach dem Bishergesagten ohne weitere Erklärung selbstverständlich, dass die Nahrung im Einzelnen den jeweiligen Bedürfnissen des zu ernährenden Individuums Rechnung zu tragen hat; die Nahrungszufuhr muss den individuellen Bedingungen angepasst werden. Für jeden Organismus mit seiner bestimmten Masse von «Organ-Substanz», von Eiweisse, von Fett etc. gibt es ein Ideal der Nahrung, d. i. die geringste Menge, welche man bei Zusatz der geringsten Menge von Leim, Fett oder Kohlehydrat um den Bestand der Stoffe in ihm zu erhalten oder anderen Anforderungen (Vorr.) Ein Organismus, von dem viel Muskularbeit verlangt wird, wird eine andere Nahrung bedürfen als einer, dem wenig zugemüthet werden soll, oder bei dem es weniger bedürfen auf den nothigen Fettansatz zu einer normalen Ernährungsfähigkeit abhingt.

Die verschiedene Zusammensetzung des Körpers ist mit der Verschiedenheit der Lebensweise, Cirkulation und Verdauungsstärke der Grund, warum ein und dieselbe Nahrung bei verschiedenen Individuen so ganz verschiedene Wirkung hervorbringt.

### Verschiedene Ernährungsweisen.

MOLERSCHÖTT hat versucht aus älteren Versuchsreihen von MELDER, PLAYFORD, WENDT, GUTH und GASPARIN das Kostmaass eines arbeitenden erwachsenen Mannes zu berechnen. Es ist bemerkenswerth, wie nahe dasselbe mit dieser unserer Tabelle übereinstimmt, welche experimentell ausgeprobt wurde, übereinstimmt. Nur ist der ganze Verbrauch höher gegriffen, was wohl darin seinen Grund hat, dass man vor meinen Kohlen-



an Menschen mit dem PETTENKOPF'schen Respirationsapparate die Kohlensäure-  
 ang des Erwachsenen ziemlich viel höher schätzte; meist legte man den von  
 der Nahrung hessischer Soldaten gefundenen Werth von  $27\frac{9}{10}$  Loth Kohlensäure  
 an. Das von mir beobachtete Individuum würde bei dem MOLESCHOTT'schen Kost-  
 maass angesetzt haben, also gemästet worden sein.  
 Bei der Berechnung MOLESCHOTT's müsste das tägliche Kostmaass für einen kräftig arbei-  
 tenden Mann betragen:

an Albumin . . . . .	=	430	Gramm
„ Fett . . . . .	=	84	„
„ Stärkemehl oder Zucker etc. . . . .	=	404	„
„ Salzen . . . . .	=	30	„
„ Wasser . . . . .	=	2800	„
Zusammen: 3448 Gramm.			

Stickstoffmenge beträgt hier

20,2 Gramm N.

Kohlenstoffmenge:

320 Gramm C.

Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss ist dabei:

1 : 15

Der Werth, den auch wir bei unseren Beobachtungen gefunden haben.

Nach unseren Vorbesprechungen einleuchtend, dass diese Zahlenangaben keinen  
 Werth beanspruchen können.

Ein Körper zu erhalten, kann eine Nahrungsmenge z. B. wie die oben angeführte  
 noch ist zu dem angestrebten Zwecke gerade die angegebene Mischung nicht er-  
 reichen.

Man wird an, dass der Mensch allein von Fleisch sich ernähren kann, wie es der  
 Hase mag, so würden wir zu demselben Zwecke ausreichen nach unserer oben ange-  
 gebenen Mischung mit:

3000 Gramm Fleisch.

Fleischmenge enthält: 68 Gramm N und 250,4 Gramm C. Das Stickstoff-Kohlen-  
 stoff-Verhältniss würde betragen:

1 : 3,7.

Im Hungerzustande bestreitet derselbe Organismus seine Bedürfnisse für 24 Stunden mit  
 1000 Gramm Albumin, also etwa

200 Gramm Fleisch und

200 Gramm Fett.

Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss beträgt im Durchschnitt:

1 : 20,5.

Bei stickstofffreier Kost wird der Albuminverbrauch des Organismus noch herab-  
 gesetzt gegen den Hungerzustand, das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss steigt dabei auf

1 : 24,7.

Die in anderen Versuchsreihen meine Körperverluste noch durch mehrere andere  
 Stoffkombinationen. In einer Reihe wurden genossen:

Rindfleisch	=	500	Gramm	=	17	Gramm N	und	62,7	Gramm C
Brod . . .	=	200	„	=	2,56	„	„	48,72	„
Fett . . .	=	80	„	=	0	„	„	54,29	„
Rohrzucker	=	425	„	=	0	„	„	52,7	„
Salz . . .	=	40	„						
Wasser . .	=	2000	CC						

Zusammen 49,56 Gramm N und 218,4 Gramm C.

Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss ist hier:

$$4 : 44,2,$$

sehr annähernd an die Grösse, welche das Verhältniss bei nur durch den Appetit bestimmten Kost einhält, wo ich es in zwei verschiedenen Versuchen wie:

$$4 : 42 \text{ fand.}$$

Es ist einleuchtend, dass wir nach diesen Erfahrungen nicht mehr von einem allgemeinen feststehenden Kostsatze, in welchem eine bestimmte Menge von Albumin und stickstofffreien Nahrungsstoffen vertreten sein müsste, sprechen können. In der That ist der Kostsatz des jeweiligen Körperzustandes gelingt mit den verschiedenartigsten Kombinationen.

### Volksernährung.

Die verschiedene Art der Volksernährung in den verschiedenen Gegenden beweist ebenfalls die Richtigkeit dieses Satzes.

Nach PLAYFAIR sind in der Nahrung englischer Landbauer nur 67,45 Gramm Albumin und 238,62 Gramm stickstofffreie Nahrungsmittel enthalten; eine andere Bestimmung derselben: 87,72 Gramm Albumin auf 350,94 Gramm stickstofffreie Substanzen.

Nach den Angaben BÖHM's besteht die Kost der ärmsten Volksklasse in den deutschen Gegenden (Luckau) für Aeltern und ein (fünfjähriges) Kind pro Tag:

	Albuminate
$8\frac{3}{4}$ Mtz. Kartoffel = c. 41 Pfd. =	440 Gramm
$\frac{1}{2}$ „ Mehl = $2\frac{1}{2}$ „ =	67,5 „
$4\frac{3}{4}$ Pfd. Fleisch =	99,5 „
$\frac{1}{2}$ „ Reis =	40,0 „
42 „ Brod =	300,0 „
geringste Mengen von Milch	

28750 Gramm mit 887 Gramm Eiweiss.

Man kann etwa die Hälfte auf den Mann, die zweite Hälfte auf Kind und Frau vertheilen, sodass der Mann 64 Gramm Eiweiss etwa pro die erhält.

Die Bauern des bayerischen Gebirges und der bayerischen Hochalpen essen nur an vier Feiertagen im Jahre Fleisch. Sie nähren sich sonst von Mehlspeisen, deren ungemeinen Fettreichthum auffallen. Diese sogenannte »Schmalzkost« ist eine Fleischkost als besonders kräftigend vor, wie ihr Spruchwort sagt:

»Ei'm habern' Ross und ei'm g'schmalzenen Mann  
Den 'n kann kei' Teufel net an.«

Uebrigens ist die Kost dieser kräftigen Bergbewohner durchaus nicht eiweissreich. Ein Holzknecht in Reichenhall empfängt, wenn er am Montag nach dem Frühjahrsfeste in die Berge geht, von seinem Herrn 3,4 Zollpfd. Schmalz, 7,8 Pfd. Mehl, 4,3 Pfd. Brod. Am Samstags Abend nach Hause und isst zu Hause zu Nacht. Die angegebene Nahrung ist also für 5 volle Tage ausreichen; sie entspricht — das Stärkemehl in Fett (24 Pfd. Brod in Fleisch umgerechnet 100 Mehl = 140 Pfd. Brod, worin 80% Albumin).

Fleisch 340 Gramm, Fett 626 Gramm.

Auf eigene Rechnung kauft sich der Holzknecht noch eine Masse gedörrtes Gchl. (Kali) wegen der Leckerei wegen, sondern um in seiner Speise das Quantum der Arbeiter (Kali) zu vermehren.

Reisende berichten von den erstaunlichen Fettmengen, welche die Bewohner der arktischen Länder zu geniessen pflegen. In einem kalten Klima ist man der grossen Wärme wegen genöthigt viel zu essen und namentlich Fett wegen seiner hohen Verdauungskraft. Ein Eskimo soll im Stande sein, im Tag 8—12 Pfd. (?) fettes Walrossfleisch zu essen. Diese reichliche Nahrung liefert ihm genügend Wärme, um den grossen Wärmeverlust zu ersetzen.

innen. Doch sind derartige Bemerkungen noch nicht genügend wissenschaftlich erzählt bei Gelegenheit der Beschreibung seines Aufenthaltes in den Pampas, rere Tage nichts als Fleisch genossen und sich ganz wohl dabei befunden habe. berühren in den Pampas Monate lang nichts als Rindfleisch. Doch kennen auch senden Nationen den Werth des Fettes; sie verschmähen mageres, trockenes

ropen genießt man Stoffe, welche eine geringere Verbrennungswärme zeigen: e, Pflanzensäuren etc.; man verzehrt ausserdem möglichst wenig Eiweiss, um ffaufnahme niedrig zu halten (Voir). Der Hindu lebt von Reis, der Südägyptier, der Mexikaner von Mais und Bananen, die südamerikanischen Neger von Da wir die Mengen nicht kennen, in welchen diese Substanzen, die alle Albumin enossen werden, so können wir ein sicheres Urtheil über diese Frage uns nicht teht noch nicht fest, dass die Wärmeabgabe in den Tropen eine sei als in den mittleren Klimaten, da in der Wärme die Wasserver- s dem Organismus sehr beträchtlich steigt und, wie wir aus den Berichten der issen, die Schweissbildung der Tropenbewohner (z. B. Chinesen) gross ist.

man sich bei derartigen aprioristischen Voraussetzungen täuschen kann, zeigt geführte Beispiel der Ernährung der bayerischen Gebirgsbewohner, von denen let hatte, dass sie bei einer Diät, welche vorzugsweise aus Zucker und Speck rengender Arbeit fähig sind, während nun LIEBIG zeigte, dass die Albuminmenge ig eine sehr bedeutende ist. Aehnlich geht es mit der Behauptung der »Nahr- s Biers. Man behauptete früher vielfältig gegen LIEBIG, dass die bayerischen mit Bier und Brod arbeitskräftig erhielten. LIEBIG konnte nachweisen, dass Biertrinker in München auch die stärksten Esser sind. In der Sedlmayer'schen ifft auf den Kopf eines Arbeiters im  $\frac{1}{2}$ jährigen Durchschnitt pro Tag:

546 Gramm Brod,  
840 „ Fleisch (vom Metzger),  
? „ Fett und Gemüse etc.  
8 Liter = 46 Mass Bier!

it der Brauknechte ist die schwerste von allen und nur sehr starke Männer lazu.

1, wie geschickt der Volksinstinkt die richtige Verbindung der Nahrungsstoffe en weiss; die Erfahrung hat dem Menschengeschlecht seit dem Beginne seines gelehrt, was die Wissenschaft erst mühsam zu ergründen und zu begründen Dem Einzelnen unbewusst zeigt sich über der ganzen Lebensweise der Nationen Gesetzmässigkeit. —

nahrung bestrebt sich im Allgemeinen den Körper auf einem ziemlich hohen — Muskel- und Fettmenge — dauernd zu erhalten. Sie ist stets Erhaltungs-

rnung kann auch, wie wir wissen, von einem anderen Gesichtspunkte ausgehen. > bestimmte Veränderung des Körperzustandes anstreben. Sie kann beabsich- rper fett- oder fleischreicher, fett- oder fleischärmer zu machen. Die verschie- weisen, Geschlechter, Lebensalter erfordern eine verschiedene Nahrung. n einige hervorragende Beispiele der Art noch besprechen.

### Ernährung der Truppen.

wir mit der Ernährung der Truppen im Frieden. > scheint ziemlich einfach zu lösen. Wir haben in den zu Ernährenden kräf- ne Männer vor uns, die wenigstens theilweise und zu Zeiten stark zu arbeiten



Tranz der schonenere Einfachheit fällt in den verschiedenen Ländern die uns vorliegende Frage sehr verschieden aus.

Wir verdanken LIEBIG eine Zusammenstellung der Nahrungsmengen, welche eine Kompagnie bayerischer Soldaten während eines Monats aufgenommen wird mit den in der gleichen Zeit ausgeschiedenen Exkrementen. LIEBIG benutzte seine Zahlen zur Berechnung des täglichen Bedarfes an Kohlenstoff für einen Mann.

Es ergibt sich, dass auf einen Soldaten der beobachteten Kompagnie ein Tag noch seinen militärischen Bekostigung zu sich nimmt, 75,74 Gramm stickstofffreie Stoffe treffen.

In Bayern besteht (1864) im Frieden die einem Unteroffizier oder Soldaten tägliche Mundsportion regelmässig aus: Brod  $1\frac{1}{2}$  Pfd. bayr. oder Zwieback oder Pökelfleisch  $\frac{1}{2}$  Pfd. oder geräuchertes Rind- oder Hammelfleisch  $\frac{1}{2}$  Pfd. oder geräuchertes Schweinefleisch oder Speck  $\frac{1}{4}$  Pfd.; Gemüse: Kochmehl 12 Loth, oder Reis 6 Loth, oder gewöhnliche Graupen 8 Loth, oder gute Hafer 16 Loth, oder Sauerkraut 20 Loth, oder Kartoffeln 1 Pfd. 12 Loth, Kochsalz  $\frac{1}{2}$  Mass bayr. oder Wein  $\frac{1}{4}$ , oder Branntwein  $\frac{1}{12}$  Mass, gebrannten Kaffee  $\frac{1}{12}$  Loth.

Nach PLAYFAIR betrugen früher die Albuminate in der Nahrung der bayrischen Soldaten nur 49,42 Gramm auf 336,33 Gramm stickstofffreie Substanzen.

In Frankreich ist die Nahrungsmenge im Frieden: 326 Fleisch und 23 Fett, und gerade hier die Kossätze sehr wechselnd. Nach HILDESHEIM erhält der Soldat im Frieden 23 Loth = 400 Gramm Fleisch.

In Oesterreich erhielt der Soldat (ISFORDING): 900 Brod, 224 Fleisch und 122 Erbsen, 77 Fett.

Nach dem Vorschlag von ARTMANN sollte der Kossatz für den Mann der Armee sein:

	Eiweiss:	Fett:	Starke:
428 Fleisch .	74	45	—
70 Fett . . .	2	48	—
750 Brod . . .	47	9	345
Gemüse . . .	46	2	120
	169	104	465

Nach neueren Mittheilungen erhält der Soldat in der Kaserne im Frieden  $\frac{1}{2}$  Pfund Rindfleisch, während des Marsches aber und im Kriege  $\frac{1}{2}$  Pfund Schafffleisch.

Ein englischer Soldat in Europa erhält nach PLAYFAIR 119,05 Albuminate stickstofflose Nahrungsstoffe; in Indien 112,46 auf 339,82. Bei einem englischen Soldaten besteht die Nahrung bei frischem Fleisch aus 144,67 Gramm Albuminaten stickstofffreie Substanzen; bei gesalzenem Fleische treffen 134,46 Gramm Albuminate auf 333,33 der letzteren.

In Preussen gewährt das Natural-Verpflegungs-Reglement dem Soldaten 8 Brod 1 Pfund 10 Loth; Fleisch 9 Loth; Gemüse entweder  $5\frac{1}{2}$  Loth Reis oder Gerste, oder 44 Loth Hülsenfrüchte oder  $\frac{1}{2}$  Metze Kartoffeln, Salz 1 Loth auf Marschen und bei Manövern steigt die Fleischportion bis zu  $17\frac{1}{2}$  Loth 9 Pfund. Die Eiweissmenge, welche der preussische Soldat im Frieden erhält, berechnet BOHM auf C. 62 Gramm, die dagegen auf 92,5 Gramm Eiweiss.

Die gegenwärtig als Besatzung in Frankreich stehenden deutschen Soldaten erhalten als tägliche Portion:  $\frac{3}{4}$  Pfund frischen oder gesalzenen Fleisch 7  $\frac{1}{2}$  Loth Reis, Gerste, Graupen, oder 13 Loth Erbsen, Bohnen, Linsen, Kartoffeln,  $1\frac{1}{2}$  Loth Salz,  $1\frac{1}{2}$  Loth gebrannten Kaffee;  $\frac{1}{12}$  Quart Branntwein und 5 Stück Zigarren.

dass die Mengen der Eiweisssubstanzen im Verhältniss zu den stickstofffreien Truppenkossätzen sehr schwankend sind.

Uns bekannten Gesetzen der Ernährung ist es uns sogleich einleuchtend, dass niederen Kossätze wohl ausreichend genannt werden müssen für die Erhaltung des Mannes auch bei mässiger Arbeit. Es kann hiezu jede Modifikation der Nahrungsmittel verwendet werden, welche auf etwa 45—48 Gramm Albuminaten 230 Gramm Kohlenstoff aus  $\frac{2}{3}$  Stärke und  $\frac{1}{3}$  Fett

besteht. Am wenigsten ist unter den Nahrungsmitteln das Fleisch. Es wird zweckmässig sein, die Nahrung zu beschränken und das Fehlende mit Schwarzbrod zu ersetzen, welches durch seinen Fettgehalt sich empfiehlt.

Die Ernährung der Truppen im Krieg. Anders stellt sich die Frage für den Fall der Ernährung im Kriege. Die grossen Strapazen, welchen der Einzelne hier ausgesetzt ist, erfordern eine Vorbereitung des Körpers zur Erzeugung möglichst grosser Körperkraft aus einer geringen Körpermasse, um die Bewegungen mit dem geringsten inneren Widerstand zu können. Das gilt auch, wenn man möglichst schlagfertige Kriegstüchtruppen im Frieden beansprucht.

Es stellt sich also eine ganz andere Frage zur Beantwortung, als sie uns bei der Beköstigung der Truppen im Frieden vorliegt. Während dort nur eine Erhaltungsnahrung erforderlich ist, es nicht darauf ankam, den Mann für übergrosse Anstrengungen geschickt zu machen, müssen wir uns hier nach Mitteln aus dem Schatze der Ernährungsgesetze umsehen, um den zwar gesunden, aber vielleicht muskelarmen oder gemästeten Körper des Mannes in einen für den Kriegsdienst tauglichen, muskulösen und arbeitsfähigen umzuwandeln.

Man muss also, dass dieses nur geschehen kann durch reichliche Zufuhr von Albuminaten in der Nahrung.

Das Erste, was eine für den Krieg taugliche Truppenernährung enthalten muss, ist eine grössere Menge von Fleisch als sie zur alleinigen Erhaltung des Organismus und Kohlehydraten erforderlich wäre. Es muss möglichst in der Nahrung vorhanden sein, die die Muskelmasse zu vermehren. Am zweckmässigsten würde es sein, wenn man die Truppen im Felde auf das Regime der englischen Faustkämpfer zu dem wir erfahren, dass es vorzüglich aus Fleisch wie bei den Kämpfern des Mittelalters — Rindfleisch, Beefsteaks — besteht.

Obwohl die Kohlehydrate den Fleischansatz ermöglichen, dürfen sie natürlich in der Nahrung nicht fehlen. In anfänglich mageren Körpern nicht.

Ein ursprünglich fettreicher Körper wird durch fettarme Fleischnahrung zu einem muskelreicher und fettärmer: stärker und beweglicher.

Ein vorbereiteter Körper, dessen Muskelmasse und Plasmamasse («Vorrath oder circulirende Masse») gesteigert ist, ist im Stande eine möglichst grosse Kraftanstrengung bei der Arbeitsleistung selbst, zum Ersatz der dabei stattfindenden Körperverlebens nur die Eiweisszufuhr, sondern auch die Zufuhr der Kohlehydrate und Fette zu erhalten. Die Kohlehydrate eine gesteigerte sein, da bei der Muskelarbeit besonders die Respirationsrate eine sehr wesentlich gesteigerte ist.

Die Kossätze kamen in den letzten Kriegen praktisch zur Anwendung. Die eiweissreichen Erbsen haben historische Berühmtheit erlangt.

Die Kossätze zu den oben von PLAYFAIR gemachten Angaben bestand im zweiten Winter in der Ration des englischen Soldaten aus:

530 Gramm Brod, 567 Fleisch und Fett, 76 Reis, 680 Kartoffeln.

Die Nahrungsmenge, sondern vor allem die Eiweissmenge sehen wir in diesem in dem oben angeführten weit übertreffen. Doch ist hier die Menge der stickstoffreichen Nahrungsmittel unzweifelhaft zu bedeutend. Aus ärztlichen Mittheilungen ergibt sich, dass die Truppen in jener Zeit ein gemästetes Ansehen und eine sehr bedeutende Unterhautzellgewebe erkennen liessen, welches letztere für Ertragung niederer

Temperaturen und nasskalten Wetters im Lagerdienste passend gewesen sein an Wundungen und chirurgischen Operationen dagegen die Heilungserfolge sehr hoch durch die den Chirurgen bekannte geringe Neigung des Fettgewebes zu Verwundungen.

Melzer theilt mit, dass der holländische Soldat in Friedenszeit nur 60 Gramm in seiner Nahrung erhält; bei angestrengtem Festungsdienst werden sie über 100 auf 146 Gramm gesteigert, freilich immer noch eine unseren Anforderungen entsprechende Menge.

Anstatt des Brodes der Kasernenkost sind, da sie weit mehr Nahrungsmaterialien enthalten, im Krieg Speck oder Fett und Erbsen (Erbswurst) oder aber Erbsen anzurathen. Auch das scharf getrocknete Brod: Zwieback, ist zu empfehlen.

Gewöhnlich werden der Nahrung der Soldaten im Felde auch noch Spirituosen, des Branntwein, zugesetzt. Er hat zweierlei Zwecke zu erfüllen. Mässig genossen er bei kalter, besonders nasskalter Witterung ein behagliches Wärmegefühl und dadurch die geistige Stimmung, auf die wir den Alkohol so energisch erheitern zu sehen. Dabei steigert er das Kraftgefühl und lässt Müdigkeit leichter überwinden.

Aus diesen Ursachen hält man den Alkohol für einen unentbehrlichen Bestandtheil der Feldkost, und es wurden unter Umständen namentlich im Krimmkriege auf der englischen Seite grosse Quantitäten davon täglich verabreicht.

Doch liegt im Branntwein eine nicht zu verkennende Gefahr verborgen. Er steigert bei jugendlichkräftigen, gut verdauenden Individuen die Neigung zum Alkoholgenuß, der durchaus für einen feldtüchtigen Soldaten nicht zu wünschen ist, dabei aber eine regelmässige Alkoholgenuß, um die gleichen Wirkungen hervorzubringen, eine Steigerung in der eingenommenen Quantität, wodurch schliesslich die Folgen der chronischen Alkoholvergiftung zur Geltung kommen müssen. Am meisten ist hier der chronische Magenkatarrh zu fürchten, der eine gute Ernährung und das gesunde und Kräftigkalten der Mannschaft unmöglich machen würde.

Für einige Zwecke, welche man mit Alkoholgenuß zu erreichen strebt, ist er, der, ungefährlich und gewiss von nicht geringerer Wirkung Kaffee und Thee, dem Soldat die Möglichkeit hat, Feuer zu machen.

Wir kennen die belebende, kräftigende und ermunternde Wirkung dieser Getränke. Es ist nicht schwer, aus gutem Kaffee ein Extrakt zu bereiten, dem man Zucker zusetzen kann. Der Kaffee wird damit leicht transportabel und etwas heisses Wasser genügt ihm ein gutes Getränk herzustellen. Der Branntwein könnte dann zweckmässig an seine Stelle verspart werden, in denen es für den Soldaten nicht möglich ist, abzukochen.

Für solche Fälle sollte der Soldat im Felde stets etwas bei sich tragen. Man könnte am besten Käse angerathen. Mir scheint, dass ein gut verpacktes Stück Käse, so dass er wenig an Wasser verliert, neben dem Zwieback oder Brod, das der Soldat bei sich hat, das beste Surrogat für andere Nahrung wäre. Es ist mit einem Schluck Branntwein, was dem Soldaten am besten munden würde.

Wir müssen bei allen derartigen Anforderungen bedenken, dass es auch bei der Arbeit für den gesunden, vorher gut genährten Organismus durchaus nicht wünschenswert ist, dass er gerade alle vierundzwanzig Stunden eine ausreichende Nahrung erhält. Das Wohlbefinden der Leute sinkt bei mangelnder Nahrung — abgesehen vom Hungergefühl, dem einige Schluck Branntwein und Tabak abhelfen können — gewiss besonders durch die psychische Herabstimmung, die ein ohne Nahrung verstrichener Tag hinterlässt. Ein kräftiges Stück Käse zum Zwieback oder Brod allein würde, auch wenn es weitaus nicht zum vollkommenen Ersatz des Nahrungsmittels für den Tag ausreichen könnte, doch am ersten noch — da der Käse in dem Gemisch die Nahrunghaftigkeit steht — den psychischen Eindruck der genügenden Nahrung zu veranlassen, auf den es hier vor allem ankommt.

Weit rationeller würde es freilich vom Ernährungsstandpunkte sein, wenn man die Nahrung für den äussersten Nothfall aus Fett — etwa aus einem Stück sehr fettem



ch: Speck — bestünde. Die gesunden Soldatenmagen würden für seine Ver-  
 en und der Körperverlust würde dadurch fast vollständig gedeckt werden  
 würde dazu nur etwa  $\frac{1}{3}$  Pfund Speck erforderlich sein.

### Ernährung in Anstalten und Familien.

ahrung in Gefangenenanstalten ist gewöhnlich eine Hungerkost, wenn  
 ne Kostmenge und Mischung bezeichnen, welche dem Körper erst, wenn er  
 e geringe Organmasse herabgekommen ist, auf diesem herabgeminderten Zu-  
 halten vermag.

hier die Mängel einer Ernährungsweise noch weit greller zu Tage als bei dem  
 m schon der Besitz der Freiheit und Uniform noch anderweitige Nahrungs-  
 net, die für den Gefangenen verschlossen sind, welcher allein auf sein Kostmaass  
 die täglichen Ausgaben seines Körpers allein mit seinen täglichen spärlichen  
 nahmen ins Gleichgewicht setzen muss.

ve Nahrungsmangel, an den sich der Körper nur schwer und schlecht gewöhnt,  
 vielen Fällen der Grund, welcher die Freiheitsstrafe für so manchen zu einer  
 nacht.

hat auch für diese Elenden nach Kräften zu sorgen, damit sie nicht noch elender  
 den, als das Gesetz es verlangt. In einem geordneten Staate muss das Gesetz,  
 Verbrecher verurtheilt, zugleich ihn schützen vor anderweitigen, durch die  
 beabsichtigten Beeinträchtigungen seiner Person.

der Gedanke Manchem liegen mag, dass es für einen seiner Freiheit zur Strafe  
 icht nöthig sei, gut zu essen, so ungerecht ist es, ihm seinen nöthigen Unterhalt  
 ten. Die sitzende, eingeschlossene Lebensweise der Gefangenen mag früher den  
 hungersatz für sie wenigstens etwas entschuldigt haben. Jetzt, da die Arbeit im  
 anders die Feldarbeit mit so vortrefflichem Erfolge in den Gefangenenanstalten  
 wird, sollte auch die Nahrungsmenge jedes Einzelnen dem Bedürfnisse eines  
 nügen. Da bei den Gefangenen jeder Zuschuss zu ihrer Nahrung wegfällt, so  
 stsatz etwas höher gegriffen sein als der der Truppen in Friedenszeit. Das dort  
 im Allgemeinen auch hier.

LYFAIR beträgt die Kost der englischen Gefangenen etwa:

an Albuminaten . . . . .	60 Gramm,
an stickstofffreien Stoffen . . . . .	480 „

öngalischen auf Hungerkost gesetzten Gefangenen beträgt die Albuminmenge in  
 3 nur etwa 40 Gramm.

re Angabe ist nicht viel geringer als die für den englischen Landbauer, preussi-  
 ten in der Garnison und die niedersten Klassen in Norddeutschland.

nn erhält in der Strafanstalt in Luckau der schwer arbeitende Gefangene eine  
 ppe aus 4 Loth Roggen- oder Gerstenmehl (mit geschmackverbessernden Zu-  
 A b e n d s u p p e enthält noch überdiess  $\frac{1}{10}$  Quart Milch oder 4 Quentchen Butter  
 teht aus 9 Loth Roggenbrod und 4 Quentchen Gerstenmehl. Mittags z. B. 7 Loth  
 Mtz. = 4470 Gramm Kartoffel und 5 Quentchen Gerstenmehl, oder Erbsen mit  
 insen mit Kartoffel (oder abwechselnd Rübenarten, Buchgrütze, Graupen, aber  
 sch). Daraus ergibt sich (Böhm) im Mittel für den Tag 70—78 $\frac{1}{2}$  Gramm Eiweiss,  
 och das tägliche Roggenbrod von 583 Gramm (1 Pfund 3 Loth) zurechnet.

ssische Gerichtsgefängene erhält 4 $\frac{1}{2}$  Pfund Roggenbrod,  $\frac{1}{2}$  Loth Salz und  
 ickgekochter, mit frischem Fett geschmelzter Suppe, mit deren Ingredienzien  
 einer für die Woche anzustellenden Reihenfolge abzuwechseln ist. Böhm be-  
 aus 60 Gramm Albuminate. Individuen, deren Gefängnisstrafe die Dauer von  
 t übersteigt, erhalten dagegen täglich nur 1 Pfund Roggenbrod,  $\frac{1}{3}$  Loth Salz

und 4 Quart der oben bezeichneten Suppe. »Bei Wasser und Brod« Eingesperrten täglich 2 Pfund Roggenbrod und 4 Loth Salz, also auch etwa 60 Gramm Albumin die kurze Zeit Eingesperrten nur etwa 40 Gramm Eiweiss täglich erhält. —, was dem täglichen Eiweissverbrauch auch bei sehr geschwächtem aber Körper niemals entsprechen kann, da die Harnstoffausscheidung eines gesunden nicht unter mindestens einige 20 Gramm in 24 Stunden herabsinken darf. Es muss soviel Eiweiss gegeben werden, um eine so grosse Ausgabe zu decken. Harnstoff an englischen Gefangenen bei ausschliesslich vegetabilischer Diät 42,1 Gramm als Ausscheidung (im Harn). —

Die Nahrung der heranwachsenden Jugend in Erziehungsanstalten und Familien hat für reichlich Fleisch und nicht zu wenig Fett zu sorgen, derliche Stoffquantum in möglichst geringer Masse reichen zu können, und den Magen nicht zu überladen. Hier kann mehr individualisirt werden, und ein pflichttreuer Direktor oder Familienvater, der den Mahlzeiten seiner Kinder nach kann wohl dem zu Fettsatz neigenden mehr Fleisch und weniger stickstoffhaltigen dem Mageren und dadurch Schwächlichen mehr Fett neben einer gehörigen Portion geben.

Bei heranwachsenden und erwachsenen Mädchen und Frauen ist ein genügender Genuss zur Entwicklung der Muskulatur sehr anzurathen; doch sind in ihnen wenn nicht eine abnorme Neigung zur Fettbildung bemerklich wird — die Substanzen wie Fett, Brod, Mehlspeisen, Zucker etc. nicht absichtlich zu beibringen. Ihr Lebensberuf eine überwiegende Ausbildung des Muskelsystemes nicht vermässiger Fettreichthum die Möglichkeit der mütterlichen Ernährung des Neugeborenen steigern vermag. —

Es wird nicht schwer sein, aus dem bisher Gesagten sich in dem einzelnen zu finden, wenn es gilt die Ernährungsgesetze zu einem gewissen, bestimmten Zwecke zu verwerthen.

Immer wird sich die Frage auf sehr einfache Gesichtspunkte zurückführen lassen.

Nehmen wir mit MOLESCHOTT bei dem Erwachsenen für die nöthige Albumin tägliche Nahrung 130 Gramm = 20,1 Gramm N, so bedürfen wir folgende Mengen der einzelnen Nahrungsstoffen, um dieses Bedürfniss zu decken:

130 Gramm Albumin sind enthalten in:

Käse . . . . .	388 Gramm.
Linsen . . . . .	491 „
Schminkebohnen . . . . .	576 „
Erbsen . . . . .	582 „
Ackerbohnen . . . . .	590 „
Ochsenfleisch . . . . .	644 „
Hühnereiern . . . . .	968 „
Weizenbrod . . . . .	4444 „
Mais . . . . .	4642 „
Reis . . . . .	2562 „
Roggenbrod . . . . .	2875 „
Kartoffeln . . . . .	40600 „

Die in 24 Stunden verbrauchte Kohlenstoffmenge beträgt mit Zugrundelegung der Respirationszahlen und Hiazurechnung von 10 Gramm für den täglichen Bedarf des Kothes etwa 230 Gramm.

Man würde bedürfen:

von Fett und Fettgewebe . . . . .	235 Gramm,
von fettfreiem Ochsenfleisch . . . . .	4917 „

**MOLESCHOTT'schen** Annahme erforderte die Respiration etwa 320 Gramm Kohlenstoff, die Zahl auch zu hoch gegriffen ist, so giebt doch seine darnach berechneten Verhältnisszahlen des Werthes der Nahrungsmittel für den Organismus. Die Kohlenstoff sind enthalten in:

Reis . . . . .	574 Gramm,
Mais . . . . .	625 „
Weizenbrod . . .	634 „
Linsen . . . . .	806 „
Erbsen . . . . .	849 „
Ackerbohnen . . .	823 „
Schminkbohnen . .	876 „
Hühnereiern . . .	902 „
Roggenbrod . . .	930 „
Käse . . . . .	2044 „
Kartoffeln . . . .	2089 „
Fleisch . . . . .	2264 „

Den Angaben lässt sich leicht berechnen, was für ein Quantum von Nahrung wir von einzelnen Nahrungsmitteln zur hinreichenden Ernährung aufzunehmen haben. Es geht dabei heraus, dass kaum ein einzelnes Nahrungsmittel — abgesehen von den — zur vollkommenen Deckung des Verlustes hinreicht, wir müssen, wenn wir das einzige Nahrungsmittels bedienen wollen, an Kohlenstoff oder Stickstoff einen Betrag in uns aufnehmen.

Z. B. würden 388 Gramm hinreichen, um den Albuminverlust zu decken, zur Deckung des Kohlenstoffverlustes bedarf es dagegen von demselben Käse 2044 Gramm. Es geht bei allen Nahrungsmitteln.

Man, wie zweckmässig unter diesen Verhältnissen die Mischung der verschiedenen Nahrungsmittel zu Gerichten ist, wie wir sie zu geniessen pflegen. Durch die einfachste Mischung von Butterbrod mit Fleisch können in der geringsten Gewichtsmenge die zur hinreichenden Stoffe eingeführt werden.

### Fettleibigkeit und Magerkeit.

Es ist sehr häufig vor, dass der Arzt zur Beseitigung der Fettleibigkeit oder Magerkeit zugezogen wird.

Grundsätze der beiden rationellen Behandlungsarten sind im Vorausgehenden schon

in der letzten Zeit vielfach besprochene Banting-Kur gegen Fettleibigkeit besteht darin, dass man möglichst viel eiweisshaltige Stoffe (Fleisch) und wenig Fett und Kohlenhydrate zur Nahrung erlaubt. Durch die reichliche Eiweisszufuhr sucht man möglichst rasch das Eiweiss in dem Körper anzuhäufen, unter dessen Einfluss mehr Sauerstoff verbraucht wird und vom aufgespeicherten Fett verbrannt wird (PETTENKOFER und KROGH). Es ändert sich, wie wir aus meinen Fleischversuchen (S. 494) wissen, die Körpereinstellung des Menschen sogleich durch Fettverlust, anfänglich langsam, später rasch, indem sich immer mehr Vorrath ansammelt. Neben dem Fettverluste geht der Eiweissverlust (Fleischansatz) einher. Die Fleischmengen hat allein der Appetit zu regeln. Es ist zweckmässig, den Gewichtsverlust bei solchen Kuren mit der Waage verfolgen zu lassen, die Beobachtung des Erfolges die Kur, die doch an sich lästig ist, erfreulicher macht. Die Banting-Kur verbietet Bier, mit Fett gekochtes Gemüse, Brod. Sie gestattet nur kleine Mengen trockenen Zwiebacks und leichten Wein.

Im entgegengesetzten Principe muss die Kost der fettreicher zu machenden gemacht werden. Hier müssen neben reichlich Fleisch, die Fottbildner, vor allem wirklich



Fett, Butter, Schmalz, aber auch Zucker und Stärkemehl etc. vorwalten. Bei Butterbrod anzurathen sein, um zwischen den Hauptmahlzeiten genossen ebenso Bier.

Hier sind auch der Leberthran, das Arrowroot etc. neben den eiweisshaltigen mitteln an ihrem Platze.

Ist der Appetit sehr gering, so muss die zu reichende Nahrungsmenge in Gewichte und Volumen beschränkt worden; am besten dient dazu das Fett. Ob brod noch vertragen und gern gegessen, während andere Nahrung verschmäht, süsse, eingemachte Früchte mit viel Zucker und Aehnliches thun hier gute D allem aber wende der Arzt sich gegen das Vorurtheil des Suppengenusses. Ein Terbruhsuppe stillt meist das Essbedürfniss in den betreffenden Fällen vollkommen, doch nur viel zu wenig.

Man lasse bei jeder Mahlzeit zuerst etwas consistente Nahrung mit möglich oder Zucker nehmen, soweit es der Magen ohne Störung verträgt. Dann erst mässig eine Tasse Fleischextraktsuppe gereicht, um die belebende Wirkung auf die die Suppe hervorbringt, das Gefühl der Kräftigung mit den übrigen günstigen derselben hervorzurufen. An Stelle aller «nahrhaften» Thee's etc. ist wirklich setzen.

Bei dem Menschen kommt es selten auf den Fettansatz als solchen an. Bei der Fettansatz bei der Mastung vor dem Fleisch das Wichtigste. LIEBIG hat nachgewiesen, dass bei den Herbivoren die im Futter eingeführte Fettmenge DEMAS und BOUSSINGAULT behauptet hatten, hinreiche, die Fettmenge, die bei (oder Milchbildung) erzeugt wird, zu erklären. Es muss sonach das Fett im Pflanzenfressers aus einer anderen Substanz: aus Kohlehydraten oder Eiweiss etc. LIEBIG neigte sich zu der ersteren Ansicht; eine Anzahl neuerer Physiologen gleichen sich an der Fettbildung bei Mastung und Milchbildung auch das Albumin beile theilt dem Eiweiss allein diese Rolle zu nach Beobachtungen, die er gemeinsam KOEGER an einem Hunde und allein an einer Milchkuh angestellt hat. Die Frage ist nicht spruchreif, da, wie LIEBIG zeigte, die betreffenden Beobachtungen auch Ansicht zu erklären sind. Die oben angeführte Beobachtung über die nöthige Eiweissstoffe zu den stickstofffreien Futterbestandtheilen zur Mast (und Milchbildung) sich daraus, dass zur Mastung möglichst wenig «circulirendes Eiweiss», das Samen Körper zieht, gebildet werden muss. Diese Relation muss nach dem jeweiligen des Mastthieres verschieden sein (VOIT).

### Krankenkost.

Es mag hier noch daran erinnert werden, dass für solche das infusum carne frisch ausgepresste Fleischsaft die am leichtesten zu verdauende albuminreiche N stellt. Natürlich muss noch möglichst mit Kohlehydraten nachgeholfen werden; w thran vertragen werden sollte, wäre er der beste Zusatz, ausserdem Arrowroot, pote mit Zucker etc. Fleischsuppen in solchen Flüssigkeitsquantitäten, dass sie geringen Appetit für andere Nahrung möglichst wenig beeinträchtigen. Ein ab Reconvalescent setzt bei einer karglichen Diät schon an und erkräftigt sich, w gesunden Tagen darbt. Mit seiner Kräftigung steigt sein Nahrungsbedürfniss (s. d

Kürzlich hat eine von LIEBIG veröffentlichte Vorschrift eines Nahrungsmit Kinder und Altersschwache Aufsehen gemacht.

Das Nahrungsmittel ahmt die Milch nach als deren Ersatz sie vor allem «doppelt concentrirte Muttermilch». Es enthält neben einer geringen M licher Milch alle nährenden Bestandtheile derselben. Ein Zuckerzusatz findet al die Stärke des Weizenmehles durch das beigegebene Malz in Zucker verwandelt.

ung besteht aus:

th (= 17,5 Gramm) feines Weizenmehl,

„ „ gemahlenes Weizenmalz (auf der Kaffeemühle gemahlen),

opfen kohlensaures Kali (die Lösung besteht aus 8 Theile Wasser auf 1 Theil kohlensaures Kali),

th Milch (= 175 Gramm).

Wasser (= 32 Gramm).

schung wird zuerst auf gelinder Wärme (60—70°C) längere Zeit erhalten, bis die das Malz in Zucker verwandelt ist. Dann gekocht und durch ein feines Haarn. Der Geschmack ist angenehm süß, durch den Malzgeschmack noch gebesd selbst von neugeborenen Kindern gern genossen und meist mit dem trefflichdoch muss es für solche auf das doppelte Volumen mit Wasser verdünntich die Zubereitung gelingt bei einigem Aufmerken leicht. Man darf nur anHitze nicht zu sehr steigern, bis der Geschmack deutlich und stark süß wird.r Vorschrift kocht man zuerst das Mehl mit der Milch zu einem Brei gar, undlas mit etwa 2 Löffel kalten Wassers angerührte Malz zum heissen Brei,eratur dadurch gehörig sinkt, sodass nun die Zuckerbildung an einem mässigreichlich vor sich geht. Der Brei wird nach und nach dünnflüssig und schmeckth süß. Ist beides eingetreten, so wird es aufgekocht und durch das feine Sieban bedarf dann keiner Thermometerbeobachtung, wie nach der ersten Vorschrift.

### Die Ernährungsart als Krankheitsursache.

ermass von Kartoffeln, Brod und ähnlichen stickstoffarmen Nahrungsmittelnnden Eiweisszusatz zur Nahrung, wie es häufig nicht nur aus Armuth genossen: den Körper verarmen an Eiweiss und Fett und häuft Wasser in ihm an,th aus dem obigen Beispiel von stickstoffreicher Kost bei dem Menschen ersicht-

ETTENKOFER ist auf den Wasserreichthum der Gewebe des Körpers als auf eine Ursache für Erkrankung an Cholera hingewiesen worden.

r die Todtenlisten dieser verheerenden Krankheit betrachten, so finden wirOpfern vor allen die unterste, ärmste, man könnte sagen hungernde Volksklasse, die Cholera »eine Krankheit der Armen« hat nennen können. Eben so sehenitete, übermüde Individuen dieser Krankheit erliegen, während andere, welche müdung abgerechnet, in den gleichen äusseren Verhältnissen befinden, davon eiben. Es wird dieses Verhältniss besonders bei dem Militär bemerklich, bei ngen, anstrengenden Märschen etc. die Disposition zur Erkrankung zunimmt. id Kinder zeigen eine hervorragende Cholerasterblichkeit.

genannten Kategorien der Bevölkerung zeigen, wie v. PETTENKOFER bemerkt, nend einen erhöhten Wassergehalt der Gewebe, der dieselben für krankhafte r zugänglicher macht.

Beobachtungen an Thieren und Menschen ist es besonders eine rein vegetabi ng, welche den Körper wässerig macht. Er kann dann rund und wohlgenährt seine Fülle besteht aber nur in einer Anhäufung von Wasser. Dieses »gedun en, dieser »Kartoffelbauch« kann durch eine kräftige Nahrung, in welcher vorwalten, in ein weniger volles aber gesundes umgewandelt werden. Bei eischgenusses geht das angesammelte Wasser in Strömen aus dem Organismus , so dass die reichere Ernährung zu Anfang mit einem Gewichtsverlust ver . Ernährung mit Fleisch).

• Hunger, der die Gewebsstoffe verzehrt, bereichert diese procentisch an

Wir sehen, dass die arme Bevölkerung unter diesen Umständen, der Nahrung und des Hungerleidens, einen höheren Wassergehalt der Organe lassen muss.

Nach meinen Beobachtungen steigert die Muskelanstrengung den Wassergehalt des Körpers ausmacht, beträchtlich, so dass also auch Arbeit und Anstrengung den gleichen Erfolg wie die beiden oben besprochenen besitzen; sie werden am verderblichsten, wenn sie sich alle zu einem Ganzen vereinigen.

Es war längst bekannt, dass der kindliche Organismus in seinen Geweben weicher ist als der erwachsene. Ich habe erwiesen, dass der scheinbar »vertrocknete« alte Mensch sich darin dem jugendlichen Organismus analog verhält.

Die bisher mitgetheilten Ernährungsgesetze geben die Mittel an die Hand, den Wasserreichtum zu verringern.

**Lebensalter und Ernährung.** — Die Ernährungsverhältnisse werden bedingt durch die Körperkonstitution und die Energie des Stoffumsatzes. Von der schwankenden Zusammensetzung des menschlichen Organismus in den verschiedenen Lebensaltern und Konstitutionen war in dem Vorstehenden mehrfach die Rede. Die Schwankungen entsprechen ebenso bedeutende in der Intensität des Stoffwechsels, theils in dem verschieden grossen Blureichthum, dem schwankenden Verhältnisse der Verdauungsorgane zu den Bewegungsorganen, in welcher letzteren der Stoffwechsel intensiver ist, ihre Erklärung findet. Zum Theil beruht sie aber auch auf der Qualität der Nahrung, grösseren Energie der Blut- und Athembewegungen. Die Abnahme der Körpergrösse nimmt die Oberfläche, an der die Wärmeabgabe, etc. stattfinden, relativ ab. Ueber diese Verhältnisse sind die speciellen Kapitel zu handeln. In der ersten Lebensperiode sehen wir die absolute Intensität des Stoffwechsels erst rasch, dann langsamer ansteigen, dann sehen wir sie zunächst mit zunehmendem Alter des Organismus (Geschlecht und Konstitution), dann mit zunehmendem Alter anfangs rascher, dann langsamer sinken, entsprechend der Abnahme des Organ-Gewicht oder wenigstens an Gewicht der festen Organstoffe, Abnahme der Herz- und Athembewegungen, und der Blutverarmung. Anders verhält es sich, wenn die Stärke des Stoffwechsels auf das Körpergewicht bezogen. Hier zeigen sich die Vorgänge am intensivsten im ersten Lebensjahre, von wo an sie relativ erst dann langsamer sinken. Wie aus dem obigen sich ergibt kann (durch Grösse und Alter) der Stoffwechsel nicht nur relativ sondern auch absolut sinken. Dem Gesagten hängt die nach dem Körpergewicht und Lebensalter schwankende Menge der notwendigen Nahrungszufuhr direkt zusammen. Nach Bartsch beträgt die Nahrung im ersten Tag etwa 20 Gramm, am fünften Tag schon 300 Gramm Körpergewichts. Im späteren Verlauf der Säuglingszeit nimmt er täglich etwa  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{5}$  des Körpergewichts auf. Beim Erwachsenen beträgt die Nahrung  $\frac{1}{20}$  seines Körpergewichts in 24 Stunden. Vergleiche darüber noch: Harn- und Thätigkeitswechsel der Organe etc.

Die Nahrung mancher niederen Thiere, Holz, Haare, Federn etc. gehören zu den Gruppen der Nahrungsbestandtheile (Albuminate und stickstofffreie Nahrungsstoffe) der höheren Thiere. Die Haare werden vorzugsweise nur auf weichen Wurzeln

### Untersuchungsmethode.

Die Methode ist schon oben im Allgemeinen skizzirt worden (S. 191).

Auf die Umsatzverhältnisse im thierischen und menschlichen Organismus zurückschliessen vor allem aus den beobachteten Quantitäten der den Körper verlassenden Stoffe. Schon Liebig hatte den Satz ausgesprochen:



Umsatze stickstoffhaltiger Körperbestandtheile entstammender Stickstoff im Harn beizubringen, dass wir in dem Stickstoffgehalt (Harnstoffgehalt) des Harnes demnach eine solche Umsetzungen haben. Durch die Arbeiten von Bischoff und Voit, auf welche in dem vorstehenden Kapitel Angegebene vor allem stützt, ist dieser Satz für den Menschen (Hund) bestätigt worden, von letzterem Autor noch für andere Thiere, Katzen, von Henneberg für Ochsen; von mir für den Menschen.

Man kann also in der Bestimmung des Stickstoffs im Harn, zu welcher Liebig die beste auszuführende Bestimmung des Harnstoffes schuf, ein Mittel, den Eiweissverbrauch des Körpers zu kontrolliren. Es muss der Harn dazu natürlich für die Beobachtungen gesammelt und untersucht werden.

Der grösste Theil des Kohlenstoffs, der in dem zersetzten Eiweisse enthalten war, geht in der Respiration weg. Ein geringer Theil verlässt den Körper im Harn. Die Menge des Kohlenstoffs der Respiration, der in Respirationsapparaten aufgefangen kann (am vollkommensten mit dem Athemapparate von M. v. Pettenkofer), kann man im Vergleich mit der während derselben Zeit ausgeschiedenen Stickstoffmenge, welche allein von Eiweissstoffen oder noch von anderen stickstoffhaltigen Körperstoffen stammen könne.

Die Untersuchungsperiode ist gewöhnlich 24 Stunden = ein Tag.

In den Versuchen kommt selbstverständlich Alles auf Genauigkeit der quantitativen und qualitativen Bestimmungen der Nahrungsstoffe und Exkrete an.

Im Text Mitgetheilten geht das Uebrige zur Genüge hervor.

Der Verbrauch von Eiweissstoffen, als Repräsentanten aller stickstoffhaltigen Körperstoffe, kann man, wenn im Harn und Koth weniger Sauerstoff erscheint, als in der Nahrung vorhanden war, annehmen;

oder, wenn in den Sekreten mehr auftritt als in den Nahrungsstoffen enthalten war, wenn wie im Hunger der Organismus im Harn Stickstoff abscheidet, ohne dass er durch die Nahrung erhalten hätte.

Man sieht es bei dem Fett, auf dessen Verbrauch im Hunger man schliesst, wenn mehr Kohlenstoff ausgeschieden wird, als der aus dem Stickstoffgehalt des Harnes gerechneten Kohlenstoffmenge entspricht. Ähnlich ist es bei Nahrungsaufnahme, wo auch der Verbrauch des Kohlenstoffgehaltes der Nahrung mit dem der Körperausscheidungen ergiebt, ob der Kohlenstoff durch die Nahrung oder eine Mehraufgabe von Körperstoff oder durch die Ausscheidung ersetzt stattgefunden habe.

Die gegebenen Beispiele dieser Berechnung werden das Princip anschaulich gemacht.

Den Ärzten kann es vom grössten Interesse sein, den Umsatz der Körperstoffe unter verschiedenen Umständen bei Gesunden und Kranken, bei wechselnder Nahrung und Arznei, einer Untersuchung zu unterwerfen. Man begnügte sich vor den Bischoff-Voit'schen Untersuchungen meist damit, den Harnstoffgehalt nach der Liebig'schen Methode (s. oben) zu bestimmen. So werthvoll derartige Bestimmungen z. B. für den Umsatz bei Fieber etc. geworden sind, so können über die Mehrzahl der betreffenden Fragen nur genau angestellte Untersuchungen der Exkrete mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Nahrungseinnahmen zutreffende Antworten ertheilen.

Die Anstellung solcher Versuche ist zu merken, dass Fleisch von ungemästeten Thieren das man zuerst mit dem Messer, dann ganz sorgfältig mit der Scheere von allem Fett, gröberem Bindegewebe, Gefässen, Nerven befreit hat, wozu man es in kleine Stücke zerschneiden muss, nach Voit einen ziemlich gleichbleibenden Stickstoffgehalt besitzt, sodass jedesmalige Analysen nicht nothwendig sind. Man muss aber das Gewicht, das zur Ernährung dienen soll, roh bestimmen, da das gebratene (oder geflozene) Fleisch in seinem Stickstoffgehalt Differenzen von mehreren Procenten ergiebt, weil Wasser- und Fettgehalt in den verschiedenen Partien desselben Stückes verschieden

wird. Schmalz und Stärkemehl können mit schwarzem, einen Tag alten rind. Bäcker-Brod (man muss die Rinde abschneiden, die keinen konstanten Wassergehalt als weitere Nahrungsmittel von bekannter Zusammensetzung dienen. Butter schmilzt im Casein- und Wassergehalt, Kartoffeln auch nach den beiden analogen Richtungen hin einweiss kann auch als Nährsubstanz mit verwendet werden. Es hat nach LIEBIG 43,0% feste Stoffe, von denen 42 Albumin sind (cf. S. 83), das übrige Extraktivstoff und Salze. Aus diesen Substanzen setzt man die Kost des Ernährungsobjektes zusammen, man das Fleisch mit dem Schmalz in der Pfanne brät und aus Stärkemehl, Eiweiss, Salz und Fett eine einfache Mehlspeise »Schmarren« bereiten lässt. Die zur Zubereitung benutzten Gefässe müssen gut ausgekratzt werden, da es darauf ankommt, daraus auch wirklich zu erhalten. Die Quantitäten sind oben angegeben. Der Körper setzt sich mit ausreichender Nahrung in wenig Tagen ins »Stickstoffgleichgewicht« ein, ist das eingetreten, wird ebensoviel Stickstoff im Harn und Koth bestimmt, als in der Nahrung enthalten ist, so können nun Einflüsse auf die Ernährungsweise studiert werden. Der Koth, dessen Stickstoffgehalt gerechnet werden kann, muss meist wenigstens eine Probe zur Stickstoffbestimmung gemacht werden. Die Methoden der Harnanalyse vergleicht man mit der Kothanalyse. Den Koth, der auf die Versuchstage trifft, grenzt man dadurch ab, dass man die letzte Nahrung vor Anfang und Ende des Versuchs Preiselbeeren genießt, damit der Koth unverdaut abgehen und die auf einen bestimmten Tag treffenden Kothportionen ablassen.

Zur Berechnung bei den Ernährungsversuchen folgende Tabelle über die trockene Substanz (BISCHOFF und VOIT, J. RANKE):

	Wasser	feste Stoffe	Kohlenstoff		Wasserstoff		Sauerstoff		Stickstoff	
			trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht
Eiweiss, trocken . .	—	—	54,96	—	7,15	—	21,73	—	15,80	—
Fleisch . . . . .	75,90	24,10	51,95	42,52	7,18	1,73	21,37	5,15	14,11	3,40
Brod, schwarz am 2ten Tag, ohne Rinde	46,35	53,65	45,41	24,36	6,45	3,46	41,63	22,33	2,39	1,28
Fett, (Schmalz) . . .	—	—	79,00	—	11,00	—	10,00	—	—	—
Kartoffelstärkemehl (lufttrocken) . . .	15,79	84,21	44,20	37,22	6,70	5,69	49,10	41,35	—	—
Harnstoff . . . . .	—	—	20,00	—	6,66	—	26,67	—	46,67	—
Harnsäure . . . . .	—	—	35,72	—	2,38	—	28,57	—	33,33	—
Koth des Menschen bei reiner Fleischkost (salzfrei) . . .	—	—	54,70	—	—	—	—	—	12,20	—
Koth des Menschen bei gemischter Kost (im Mittel) . . . . .	—	—	47,00	—	—	—	—	—	6,12	—
Starke-Fettkoth des Menschen . . . . .	—	—	54,8	—	—	—	—	—	—	—

Der Caseingehalt der Butter schwankt zwischen 0,5 und 1,5%. Der Wassergehalt schwankt zwischen 6 und 8%. Lufttrockener Reis enthält 10% Wasser und 1,3% Stickstoff. Getreidekörner enthalten etwa 75% Wasser und 1,5% Stickstoff in der trockenen Substanz und

Der Wassergehalt des Menschenkoths ist gewöhnlich 70% für geballten Koth, für flüssigen Koth ergiebt nur 63%, breiiger 53% Wasser.

## Sechstes Kapitel.

### Veränderungen der Nahrungsstoffe in der Mundhöhle.

---

#### Verdauung im Allgemeinen.

In den beiden vorausgehenden Kapiteln haben wir die Stoffe und ihre allgemeinen Wirkungen im Organismus kennen gelernt, aus denen derselbe seine Kämpfe um sein Dasein mit der ihn umgebenden Körperwelt verloren und seinen Organbestandtheile wieder ersetzt.

Jetzt liegt uns nun ob, die Art und Weise und den Weg kennen zu lernen, auf welche Weise die Nährstoffe die ihnen zum grössten Theile an sich fremde Fähigkeit erlangen, in die Säftemasse des Körpers eintreten und von hier aus in die Organe zu gelangen, an denen sie ihre ernährende Wirkung auszuüben haben.

Die Organernährung erfolgt vor allem aus dem Blute.

Die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe zuerst zu Bestandtheilen des Blutes werden, von dort aus werden sie an die verschiedenen Organe abgegeben. Sie treten dann aus dem in sich geschlossenen Blutgefäßsysteme aus und beginnen eine Wanderung von Zelle zu Zelle, nach den Gesetzen der Diffusion die Zellwände durchdringen. Auf diese Weise verrichten sie die ihnen zufallenden Funktionen: ein Theil wird zur Erneuerung verloren gegangener Organbestandtheile verwendet, wird also einem gewissen Grad in dem Organ gebunden zurückgehalten und damit dem weiteren Stoffkreislaufe entzogen; ein anderer Antheil wird von den in ihm wirkenden oxydirenden Momenten ergriffen und zersetzt und dient so zur Stoffproduktion des Organes; ein dritter Antheil tritt in die Anfänge der Blutgefäße ein und kehrt von da aus zum Blute zurück, um wieder aus ihm den Stoffkreislauf von Neuem zu beginnen.

Die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe können nur zum Theile sogleich eine weitere chemisch-physiologische Umwandlung zu Blutbestandtheilen erfahren.

Vor allem vermag dieses das Wasser und ein Theil der in wässriger Form aufgenommenen anorganischen und organischen Salze, Alkohol, Zucker, freie Basen etc. Sie werden von den Blut- und Lymphgefäßen an allen Stellen des Verdauungskanales direkt aufgesogen.



Nicht alle Lösungen fallen in die eben besprochene Kategorie. Ein selbst wird durch die chemischen Bestandtheile der Körpersäfte, denen ihrer Aufnahme begegnen, gebunden und verändert, ohne dass wir hier eigentlich physiologische Lebenswirkung vor uns hätten. Die alkalische Flüssigkeit z. B. verhält sich gegen die aufgenommenen Säuren und sauer ebenso wie eine andere Flüssigkeit derselben Reaktion ausserhalb des Magens; alkalische Salze werden durch den sauren Magensaft neutralisirt.

Manche in Lösung aufgenommene Stoffe — wie das Casein der Milch — werden erst, ehe sie den lösenden Einwirkungen der Verdauungssäfte ausgesetzt liegen, durch den Magensaft aus ihrer Lösung ausgefällt.

Auch die in fester Form aufgenommenen Nahrungsmittel verhalten sich den Verdauungsorganen gegenüber wesentlich verschieden.

Ein Theil derselben — die Salze und die meisten krystallinischen Stoffe — lösen sich direkt in dem Wassergehalte der Verdauungssäfte, meist im Speichel, sodass sie dann die gleichen Verhältnisse darbieten, als wären sie gelöst aufgenommen worden.

Ein anderer Theil, vor allen sind hier zu nennen: das Stärkeweiss, das leimgebende Gewebe und Fett, sind an sich in Wasser und sonach auch in den Verdauungssäften unlöslich; sie müssen erst einer Verwitterung erfahren, damit sie löslich werden und in die Blutmasse aufgenommen werden können. Für die Fettaufnahme entstehen auch Veränderungen der Verdauungsorgane — der Darmschleimhaut — als Wirkung der Verdauung, wodurch die Aufnahme ermöglicht wird.

Der Gegenstand unserer speciellen Betrachtung sind vor allem die oben genannten Substanzen. Wir werden uns die Frage zu beantworten haben, und wodurch werden dieselben in den löslichen Zustand übergeführt?

Die Verdauung beginnt wesentlich schon in der Mundhöhle.

Hier werden die festen Speisen durch die Kauwerkzeuge zerrieben und so vorbereitet mit dem alkalischen Sekrete der Speicheldrüsen in der Mundhöhle vermischt. Ein zusammengesetzter Muskelmechanismus dient der Zerkleinerung der Speisen und die Getränke zu verschlucken und weiter zu bewegen. Nur zum Theil unter dem Einfluss unseres Willens steht. Durch willkürliche Bewegungen übergeben die muskulösen Organe der Mundhöhle, vor allem Zunge und Wangen, dem Schlunde den Bissen, der von hier aus dann durch willkürliche Muskelaktionen zu den weiteren Verdauungsorganen befördert wird. Die weiteren mechanischen und chemischen Einwirkungen auf die Speisen sind von unserem Willen unabhängig. In seltenen Fällen können wir eine direkte Einwirkung noch nachweisen: es finden sich Verdauungsstörungen durch chemische Einflüsse. Die Stoffe wandern, so weit sie nicht aufgesaugt werden, vom Magen in den Darm und erst am Ende des Dickdarmes treten ihre unlöslichen Reste wieder in den Bereich des Willens ein, ihre Entleerung ist ein willkürlicher Vorgang.

#### Uebersicht über den Bau der Verdauungsorgane.

Im Allgemeinen findet sich eine unverkennbare Analogie in dem Bau der Organe, welche zur Verdauung, zur Bereitung der Verdauungssäfte

Die Hauptgrundlage besteht bei allen aus einer Schleimhaut, an der ein geschichtetes Epithel je nach den Regionen aus verschiedenen Zellen zusammengesetzt, die eigentliche Schleimhaut — Mucosa — aus weiche und elastischen Fasern wahrnehmen, reichlich mit Blut und Lymphgefässen und Nerven durchzogen. In sie finden wir verschiedenartig gestaltete Drüsen eingelagert, welche alle als in die Tiefe gehende Ausbuchtungen des Epithels zu sehen sind, dessen Zellen je nach den verschiedenen Drüsenfunktionen verschiedene Veränderungen und Umgestaltungen erfahren. Diese Drüsen sind gewissermaßen als Flächenvermehrungen des Epithels zu betrachten; demselben entsprechen die auf die Schleimhaut aufgesetzten zotten- oder fadenförmigen Auswüchse: die Papillen oder Zotten, die sich in den verschiedenen Regionen in reicher Anzahl finden. Grössere Drüsen senden ihre Sekrete in die der Schleimhaut ausgekleideten Höhlungen.

In der Mundhöhle liegt die Schleimhaut, dem Knochen und den Muskeln, die sie bedecken, straff auf. Im Schlunde, dem Anfang des Darmes, beginnt eine regelmässige Muskellage, Muskelhaut, sich unter die Schleimhaut zu legen. Am Anfang aus quergestreiften, dem Willenseinfluss dienenden Fasern, weiter getrennte Muskel-Individuen zerfallend; auch am Ende des Darmes treten am After schliesslich wieder willkürliche Fasern auf. Ausserdem bestehen auch im Darm aus glatten Elementen. Sie zeigen meist zwei, am Magen drei, von denen die eine in der Längen- die andere in der Querrichtung verläuft; am Magen kommen noch schiefe Fasern dazu.

Zwischen Schleimhaut und Muskelhaut findet sich noch eine Lage von lockeren Bindegewebe: Unterschleimhautgewebe — Submucosa —.

Ausser dem Theile des Darmes, welcher in der Bauch- und Beckenhöhle liegt, bedeckt noch eine zarte, nerven- und gefässarme, an der freien Oberfläche mit Epithel überzogene Haut: die seröse Hülle, welche auch den grössten Theil der übrigen Bauch- und Beckenorgane überzieht.

### Anatomie der Mundhöhlenschleimhaut und ihrer Drüsen.

Die Mundhöhlenschleimhaut ist eine direkte Fortsetzung der äusseren Haut, von welcher sie sich an der Uebergangsstelle an den Lippen nur durch ihre Zartheit und rothe, von ihrem Gefässreichthum herrührende Farbe unterscheidet. Sie ist wie jene mit einer grossen Anzahl gedrängt neben einander stehender Papillen besetzt. Zwischen diesen finden sich zahlreiche Drüsen, von denen einige auf grösseren papillenartigen Erhebungen zu Tage treten. Von den Papillen steigen Kapillarzweige empor, um hier ein zierliches Geflecht zu bilden; ein reiches Netz von Lymphgefässen durchsetzt die ganze Schleimhaut. Mit ihnen stehen die zahlreichen Balgdrüsen in Verbindung, von denen ich schon dargethan hat, dass sie wie die solitären Follikel und Peyer'schen Drüsen gewissermaßen einfachste Lymphdrüsen zu betrachten sind.

An der Zungenwurzel bilden sie eine beinahe zusammenhängende Schichte, oberflächlich liegt, dass sich die einzelnen Drüsen schon mit blossen Auge erkennen lassen. Sie sind linsenförmig geformt, von  $\frac{1}{2}$  — 2 Linie Durchmesser. Mit blossen Auge erkennt man eine



Oeffnung, die in eine trichterförmige Höhle führt, in welche sich die Schleimhaut mit den Papillen und Epithel fortsetzt. Eine tiefergelegene Schleimdrüse

ihren Ausführungsgang in die Höhle, und erfüllt sie mit einer schleimigen Schleimmasse (Fig. 61).

Jede Balgdrüse ist von einer wandigen Kapsel umgeben, (b) eingebettet in zartes, gefässreiches Bindegewebe die Drüsenhöhlen (Follikel) liegen,  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{15}$  mm im Durchmesser. Baue stimmen sie mit den genannten geschlossenen Drüsen ganz überein, ebenso mit denen der Milz. Für alle die genannten Drüsen gilt dieselbe Beschreibung: sie zeigen eine faserige, zierliche Hülle und einen Inhalt, der



Balgdrüse von der Zungenwurzel des Menschen. a. Epithel, das dieselbe auskleidet, b. Papillen, c. äussere Fläche der Balgdrüse mit der Bindegewebshülle, d. Hohlraum des Balges, e. Epithel desselben, f. Follikel in der dicken Wand des Balges. — Vergrößerung 30.

einer alkalischen Flüssigkeit, theils aus geformten Theilen: rundern Lymphkörperchen besteht. Dieser Inhalt liegt in dem Follikel in einem Balkennetze von Bindegewebskörperchen, welches mit der Hülle zusammenhängt und das ganze Innere durchzieht.

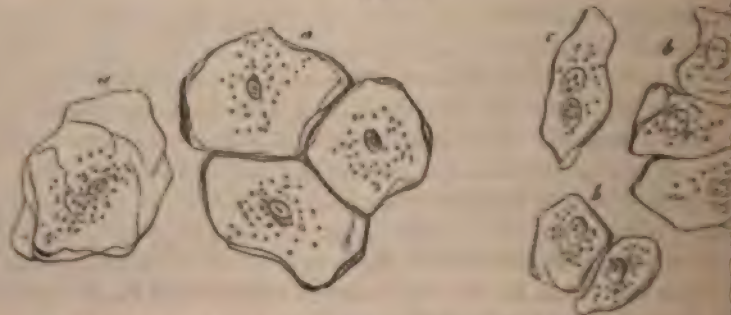
Die Gefässe der Balgdrüsen sind sehr zahlreich und senden Aeste in die innere der Follikel ab, nachdem sie ein schönes Netz um dieselben gebildet haben. E. H. WEBER hat zuerst Lymphgefässe von den Drüsen herkommen sehen.

Die Mandeln oder Tonsillen sind Haufen von 10—20 Balgdrüsen mit einander verbunden und mit einer gemeinsamen Hülle umgeben.

Im rothen Theile der Lippen findet sich das von KÖLLIKER entdeckte Lager von Talgdrüsen.

Das Epithel der Mundhöhle besteht aus über einander gestapelten Pflasterzellen, rundern, vieleckigen, nach oben abgeplatteten Gebilden

Fig. 62



Epithelialzellen der Mundhöhle des Menschen. a. grosse, b. mittlere, c. kleinste, d. mit zwei Kernen, 350mal vergr.

Die oberste Lage besteht aus rundern, grossen, kernhaltigen Zellen. In den Zellen ist der Kern nachzuweisen. Beständig werden die oberste



abgestossen und wieder erneuert, sodass jeder Tropfen Mundflüssigkeit in dieser Zellen enthält.

Die Schleimhaut der Zunge besitzt eine grosse Anzahl von Hervorragungen (Papillae), welche bei Betrachtung der Zunge als Organ des Geschmacks ihre nähere Besprechung finden werden. Die Ränder der Zunge und der hintere Theil derselben weichen auch in Beziehung auf das Epithel nicht von dem übrigen Mundhöhle ab.

Unter der Schleimhaut des Mundes liegt eine grosse Menge kleinerer Drüsen, jedes mit einem kurzen, geraden Gang in die Mundhöhle mündend. Sie liefern ein schleimiges Sekret: Schleimdrüsen der Mundhöhle.

Man findet sich an manchen Stellen zu grösseren Haufen vereinigt. Um die Lippen liegt ein reicher Drüsenring: die Lippendrüsen, *Gl. labiales*. Auf der Innenfläche der Backen die *Gl. buccales*, einige grössere Drüsen um die Mündungsstelle des Stenon'schen Ganges. Die Drüsen des weichen und harten Gaumens tragen den Namen *Gl. palatinae*. An der Wurzel, dem Rande und Spitze der Zunge liegen in reichlicher Menge die *Glandulae linguae* — Zungendrüsen.

Der mikroskopisch-anatomische Bau dieser Schleimdrüsen kann als Schema der körnigen Drüsen gelten. Der grössere Stamm des Ausführungsganges, welcher auf der Schleimhautoberfläche mündet, spaltet sich in feinere und feinste Gänge, welche letztere an ihrem

Ende blaschenartig zu Drüsenbläschen (Acini) anschwellen. Diese Acini sitzen ziemlich unregelmässig den feinsten Ausführungsgängen auf, zeigen aber im Allgemeinen eine rundliche oder rundlich-birnförmige Gestalt (Fig. 63).

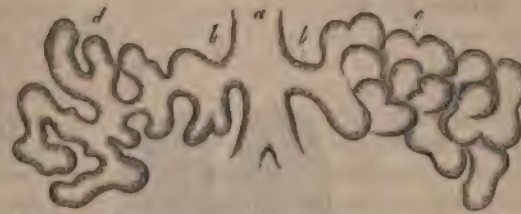
Die feinsten Gänge und die Drüsenbläschen besitzen eine gleichstrukturlöse Hülle, eine *capsula propria*, besetzt mit einfacher Schicht von eckigen Epithelzellen, in ihrem zähflüssigen Inhalt, ausser vielen fettähnlichen, theilweise gelblich gefärbten Körnchen, durch Essigsäure gerinnenden Schleimstoff erkennen.

Die einzelnen Drüsenläppchen sind durch zartes Bindegewebe, welches reich an Blutgefässen trägt, zusammengehalten.

In den Ausführungsgängen finden sich in dem Bindegewebe elastische Fasern. Der Theil der Ausführungsgänge, welcher von der Mundhöhle und der Drüsenhöhle verschieden, es besteht aus Cylinderzellen.

Der grobere und mikroskopische Bau der grossen, in die Mundhöhle ihr Sekret ergiessenden Speicheldrüsen, der *Glandulae salivales*, Parotis, Submaxillaris, Sublingualis und der Rivier'schen Drüsen stimmt im Allgemeinen mit dem eben beschriebenen der Schleimdrüsen überein, sie stellen grosse Schleimdrüsen dar. Der Stamm des

Fig. 63.



Schema zweier Gänge eines Schleimdrüsenläppchens. a. Ausführungsgang des Lappchens, b. Nebengang, c. die Drüsenbläschen an einem solchen in situ, d. dieselben auseinandergelegt und der Gang entfaltet.

Ausführungsganges ist ihrer Grösse entsprechend weit und lang und sehr verschieden. Er zeigt ebenfalls ein Cylinderepithel und wenigstens am Ductus Whartianus sich auch glatte Muskelfasern unter dem Epithel und einer Doppellage von elastischen Fasern auffinden.

Die Blutgefässe der Speicheldrüsen umspinnen die Drüsenbläschen reichlich. Der die Binde substanz der Drüsen neuerdings untersuchte, fand, dass jeder Alveolus (Submaxillaris bei Kaninchen) von verästelten Zellen (retikulärem Bindegewebe) umgeben ist. Diese glatten Zellen umspinnen den Acinus in einem reichen Netze, indem sie zwischen den verästelten Ausläufern zahlreiche Anastomosen eingeben und sehr zarte Fortsätze zwischen die einzelnen Epithelzellen des Alveolus entsenden.

Das Nervengewebe der Speicheldrüsen besteht aus Ganglienzellen und Fasern. Die Fasern sind markhaltig, welche die Hauptmasse darstellen, und blassen Nerven. Wie PFLÜGER fand, theilen sich die ersteren Fasern in peripherischer Richtung so, dass zwischen den Alveolen wahrhaft gefiederte markhaltige Primitivfasern liegen.

Auch das Verhalten der Nervenendigungen in den Speicheldrüsen ist in der letzten Zeit durch PFLÜGER untersucht worden.

PFLÜGER behauptet einen direkten Zusammenhang der Nerven mit den eigentlichen Drüsenzellen, den Epithelzellen der Alveolen.

Der Zusammenhang zeigt sich nach seinen Untersuchungen verschieden, je nach der Verschiedenheit der Nervenbahnen, durch welche die Speicheldrüsen innervirt werden. Schon DONDERs hatte in den Drüsen des Pferdes eine direkte Verbindung von Nervenfasern gesehen, die KRAUSE bis zu den Alveolen verfolgte. Es treten nach PFLÜGER durch die Membrana propria hindurch, mit der ihre Hülle abschmilzt, verästeln sich, noch markhaltig, zwischen den Drüsenzellen, in deren Lumen eindringen, um dort mit einer knotenförmigen Anschwellung, dem Zellkern, zu endigen (Fig. 64).

Fig. 64.



Endigungsweise der Speicheldrüsennerven (PFLÜGER). I. und II. Verzweigung des Nerven zwischen den Speicheldrüsenzellen, III. Endigung im Zellkern, IV. Verbindung eines Ganglienzells mit einer Speicheldrüse.

Es würde sich mit der Bestätigung der Entdeckung PFLÜGER's die Entscheidung, wo die die Gewebszellen beeinflussenden Nerven endigen, für alle selbständigen dahin neigen, dass feinste Nervenfasern in das Innere der Zellsubstanz eindringen, die Zellhülle durchbohren und in eine Endausbreitung innerhalb der Zelle



abrigten Inhalte wesentlich individualisirt, übergehen. Ueberall scheinen es platten-  
Gebilde, sodass diese Nervenendigungen alle eine Analogie mit den elektrischen  
der Fische vermuthen lassen. Dieses Eindringen und Endigen innerhalb der Zell-  
n ist ausser für Drüsen- und Nervenzellen auch für die quergestreifte und glatte  
ner und die zelligen Endorgane der Sinnesnerven behauptet. Nach den Mittheilungen  
PFLÜGER würden auch in die Cylinderepithelzellen der Drüsenausführungsgänge, der  
Röhren von ihrer Spitze her so zahlreiche feinste Nervenfasern eintreten, dass der  
Theil der Zelle ganz aus diesen Fasern zusammengesetzt scheint.

Die freie Endigungsweise der Nerven in den Speicheldrüsen ist nach PFLÜGER'S Angaben  
die einzige. Ein Theil der in die Speicheldrüse eintretenden Nervenfasern senken sich  
in kleine mit vielen Ausläufern versehene Zellen ein: Nervenzellen (KRAUSE, PFLÜGER),  
nicht zwischen den eigentlichen Drüsenzellen, sondern ausserhalb der Membrana  
liegen sollen. Kurze Ausläufer dieser Zellen sah PFLÜGER in das Innere der Drüsen-  
eintreten. Vielleicht ist auch für die übrigen Speichelnerven ein derartiges ganglien-  
artiges Zwischengebilde vorhanden. Das was PFLÜGER als solches beschreibt, stellt eine  
Längung von Nervenzellenprotoplasma von geringer Individualisirung dar, dieses liegt,  
scheint, innerhalb der Alveolen.

ist wahrscheinlich (PFLÜGER), dass die Ganglienendigung den sympathischen, die freie  
rebrospinalen Nervenbahnen in den Drüsen entspricht.

Nach den neueren Angaben PFLÜGER'S tragen die in die Cylinderzellen der Speicheldrüsen  
liegenden Axencylinderfibrillen an ihren freien Enden kleine Kolbchen, welche  
mit der Zeit zunehmen, bis sie sich deutlich als Zellkerne charakterisiren von spärlichem  
Protoplasma umgeben. Diese Gebilde wachsen allmählich zu Speichelzellen einer neu ent-  
stehenden Alveole aus, die durch partielle Abschnürung aus der durch die Zellenwuche-  
rung verdickten Wand des Speichelrohrs hervorgeht. In den bereits ausgebil-  
deten Alveolen endigen nach PFLÜGER auch markhaltige Fasern. Der Nerv soll da, wo er  
die Membrana propria durchsetzt, plötzlich sein Mark verlieren, mit der Speichelzelle in  
Verbindung treten, indem er in feinste Fibrillen sich auflöst, die mit dem Protoplasma (den  
Fibrillen desselben) in Verbindung treten. Die Angaben PFLÜGER'S sind vielfach bestritten,  
wobei bestätigt worden. S. MAYER konnte die Existenz eines Kernfortsatzes in den Epi-  
thelien der Kaninchen-Submaxillaris bestätigen, der hier und da auch Verbindung zwischen  
den Nachbarn herstellen kann. W. KRAUSE sah in der acinösen Beckendrüse  
des Hundes (und dem Pankreas der Katze) Endigungen markhaltiger Nervenfasern innerhalb  
des Epithels. Sie sollten hier in »Endkapseln« und in kleinen »VATER'schen  
Körperchen« endigen.

### Absonderung der Speicheldrüsen.

Die Drüsenzellen sind nach PFLÜGER die Endorgane der Drüsenerven. Die  
Versehrung der Zellen ist gerade so gut ein Effekt einer direkten Nervenreizung  
als Kontraktion der Muskelfaser.

Auf den ersten Blick scheint eine derartige Aehnlichkeit oder gar Gleichheit  
zwischen der Nervenreizung gesetzten Vorgänge in den Drüsenzellen und den  
Muskelzellen ganz unverständlich. Es ist aber mehr als wahrscheinlich, dass  
in der primäre Erfolg der Nervenreizung überall ganz der gleiche ist:  
nämlich scheint er ein elektrolytischer. Es werden unter der elektro-  
lytischen Einwirkung der Nerven primär aus den Zellinhaltsstoffen saure (und  
alkalische) reagirende Zersetzungsprodukte gebildet. Erst die Wirkung dieser



Zersetzungsprodukte, Reize auf die Zelle und in der Zelle ist die Erregung oder die Muskelaktion. Die Zersetzungsprodukte des Muskels, die sich unter der Einwirkung der Nervenreizung bilden, sind vor allem Milchsäure, Phosphorsäure; sie wirken theils für sich, theils in Verbindung mit Kali als Reize auf die kontraktile Substanz ein, gerade so wie wir künstliches Zusammenbringen dieser Stoffe mit dem Muskel Kontraktion rufen können.

Ähnliche Zersetzungsprodukte werden unter der Einwirkung der Reizung auch in den Drüsenzellen gebildet, andere nach der anderen Zusammensetzung der Zellen. In den Magendrüsen sehen wir eine Säure — entstehen wie im Muskel. Es wäre nicht undenkbar, dass in anderen ein alkalischer Stoff schliesslich der Chemie der Zelle gemäss das Ueberwiegen über die anderen Zelleninhaltsstoffe erhält, doch lehren die unten folgenden Beobachtungen, dass auch hier das Protoplasma bei seiner Thätigkeit eine Reaktion annimmt.

Unter der Einwirkung besonders von Säuren aber auch von Alkalien, die Diffusionsverhältnisse der Zellmembranen auf das Wesentlichste gelassen, nun Stoffe durch — herein- und heraustreten —, denen sie schwächer Lebensenergie den Durchtritt entweder ganz verwehren oder nur sehr spärlich gestatten. Nun kann also eine reichliche Drüsenabsonderung aus den Drüsenzellen beginnen, das Blutgefässsystem kann reichliche vorläufige Verarbeitung in die Zelle abgeben, da ihr Ansaugvermögen gesteigert ist wie ihr Vermögen der Stoffabgabe. Dass hierbei die Anwesenheit von Stoffen mit hohem endosmotischem Aequivalent in den Drüsenzellen von grosser Bedeutung ist (PELLEGRINI), ist verständlich.

Für die Drüsenabsonderung ist meine eben vorgetragene Hypothese geprüft, doch würde sie eine Prüfung wohl zulassen. Dass aber auch während des Reizzustandes Zersetzungen und Oxydationen wirklich stattfinden, zwar in gesteigertem Maasse, beweist die Beobachtung LEWIS's, dass eine ruhende Drüse sich um  $4,5^{\circ}\text{C.}$  erwärmt im Vergleich gegen die ruhende, während der Zersetzung der Zersetzungsstoffe auf die Diffusion in den Muskel als eine Nebenwirkung der Muskelreizung von mir mit aller Sicherheit nachgewiesen. Auch aus dem Muskelschlauche treten nach der Nervenreizung die gleichen hier nachweisbaren Veränderungen, wie wir sie in den Drüsenzellen annehmen, eine grosse Menge von Stoffen aus, dagegen fassen wir dieselben mit Flüssigkeiten aus dem umspülenden Blut und der Lymphe (aus der umgebenden Parenchymflüssigkeit, sodass der Muskelschlauch dann eine Aehnlichkeit mit einer Drüsenzelle nicht verkennen lässt. Ganz analoge Verhältnisse habe ich für Nervenfasern, Rückenmark und Darmepithelzellen nachgewiesen (S. 118). Bei dem Absterben bildet sich in den Speichel- und Thränen im Muskel eine saure Reaktion aus (J. RANKE).

Wenn wir in der oben vorgetragenen Weise meine am Muskel gewonnenen Resultate auf die Drüse übertragen, so hält es nicht schwer die eigenthümlichen bisher unverständlichen Resultate LEWIS's zu verstehen, welche die durch Nervenreizung bewirkte Steigerung der Drüsenabsonderung von der Nervenwirkung auf das Blutgefässsystem einem gewissen Grad unabhängig zeigten. Auch wenn der Blutzufluss ganz abgeschnitten wird, ergiebt die Reizung der Drüsennerven noch Steigerung,

Speicheldrüsen. Wir haben es hier mit einer Ausscheidung in Folge chemischer Reizungen des Protoplasma der Absonderungszellen zu thun, die mit selbständiger Verläuft. Reichlicher zur Imbibition dargebotene Stoffe werden aus demselben reichlicher aufgenommen und ausgeschieden; Blutzufuhr steigert darum die Drüsenbildung. Den Gedanken, dass wir es bei der Speichelabsonderung vielleicht nur mit gesteigerten Filtration aus den Drüsen in die Drüse zu thun haben, widerlegt der vongeführte Beweis, dass der Druck in dem Lumen des Ausführungsganges der gereizten höher steigen kann als der Blutdruck in den blutzuführenden Gefäßen, sodass dem Filtrationsdruck von Seite der Drüsenzellen in das Blutgefäßsystem, nicht aber umgekehrt existiert.

GIANNUZZI hat unter LEWIS's Leitung von mir am Muskel gewonnene Resultate über die ständige Wirkung von Säuren und Alkalien auch auf die Speicheldrüsen übertragen, gibt sich wenigstens für die beobachteten Fälle eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen dem Drüsen- und Muskelgewebe in dieser Beziehung heraus.

GIANNUZZI war im Stande die Drüse durch Einspritzen von Säure (Salzsäure) und kohlensaurem Natron zu ermüden, sodass keine Sekretion mehr stattfand, obwohl die Drüsenzellen gereizt wurden. Der Ermüdung der Drüse ging bei seinen Versuchen ebenso ein Zustand, wie dieses am Muskel der Fall ist, voraus, sodass, wenn die Einspritzung nicht erfolgt, um die Sekretion bei nachfolgendem Nervenreiz nicht eintreten zu lassen, nun auch weitere Reizung die Drüsenabsonderung begann.

Es zeigen diese Versuche, wie vollkommen analog wir den Chemismus in Muskel und Drüse denken dürfen in Beziehung auf die besprochenen Verhältnisse. Es geht diese Analogie noch weiter aus der von GIANNUZZI beobachteten Thatsache hervor, dass die Drüse so ermüdet wie der Muskel, wenn ihr, auch bei sonst reichlicher Anwesenheit von flüssigem Material zur Speichelbildung, der arterielle Blutzufluss d. h. der Sauerstoff abgenommen wird (STENSON's Versuch am Muskel).

Die Untersuchungen über den Modus der Ausscheidung aus den Drüsenzellen, früher zunächst nur an den einzelligen Drüsen angestellt waren, sind in der letzten Zeit Beobachtungen von STRICKER und LANGER an den Zellen der menschlichen Milchdrüse angekommen. Auch über den Sekretionsmodus der Speicheldrüsen haben wir, veranlasst durch HEIDENHAIN und in neuester Zeit durch PFLÜGER und A. EWALD, erwünschte Aufschlüsse erhalten. HEIDENHAIN hat nachgewiesen, dass das mikroskopische Bild der gereizten und ruhenden Drüse wesentlich verschieden ist, worauf schon PFLÜGER gelegentlich der Präparationsmethoden aufmerksam gemacht hatte. Die Speicheldrüsen der ruhenden Drüse sind mit wenig degenerierten Massen erfüllt, während die Zellen in den Alveolen der gereizten Drüse einen reinen Protoplasmainhalt zeigen, wie sie ihn auch in jedem Alveolus der ruhenden Drüse in einer halbmondförmigen Randzone zeigen (Halbmond GIANNUZZI's und HEIDENHAIN's). EWALD erklärt diesen Unterschied daraus, dass die »Schleimzellen« der ruhenden Drüse ihren Schleim bei der Reizung verlieren (auspressen?) und sich in »Protoplasmazellen« umwandeln. Es geschieht das dadurch, dass das um den Kern zusammengeballte und ihnen an den Rand der Zelle gedrückte Protoplasma der Schleimzellen den Schleim tragend sich mit dem Kern vom Rand aus nach der Zellenmitte ausbreitet. Central-Randzellen, Schleim- und Protoplasmazellen sind nur zwei verschiedene Zustände derselben Zelle. Die Zelle geht bei der Sekretion nicht zu Grunde, sondern presst ihren Inhalt aus. Dieses Auspressen wird wahrscheinlich wie bei dem Muskelprotoplasma eingeleitet durch eine vorläufige Anquellen des sauer gewordenen Protoplasmas, so können wir seine Ausbreitung erklären. Dass das Protoplasma sauer ist, geht aus der Beobachtung hervor, dass es sich auch mit Karmin färbt (EWALD u. A. cf. oben S. 84). Im sogenannten »pathicus-Speichel« finden sich die ausgepressten Schleimklumpchen vor, die offenbar von den Speicheldrüsen stammen.



### Reizung der Speicheldrüsennerven.

Die Verhältnisse des Blutlaufes in der ruhenden und der arbeitenden, arbeitenden Drüse sind vor allem durch Cl. BARNARD und LUDWIG untersucht worden.

Die reichlichen Blutgefässe stehen unter einem doppelten Nerven. Wie bei allen Blutgefässen wird die Weite ihres Lumens von dem Reize des Sympathicusabschnittes, der seine Fasern zu ihnen sendet, bestimmt. Reizung bewirkt Verengung des Gefässlumens, seine Lähmung Erweiterung desselben.

Ebenso ist es bei den Gefässen der Speicheldrüsen. Auf elektrische Reizung des Sympathicus verengern sich die Gefässe und es fliesst in Folge dessen Blut spärlicher durch sie hindurch und gelangt sehr dunkel in die Venen.

Die Reizung einer zweiten Nervengattung, die in die Drüse eintritt, wirkt entgegengesetzter Weise: sie erweitert die Gefässe, das Blut strömt sehr reichlich, noch hellroth in die Venen ab, welche sprützen und sogar in sich wahrnehmen lassen, sodass das Blut rhythmisch beschleunigt, wie einer Arterie aus ihren durchschnittenen Enden heraus fliesst.

Diese zweite Nervengattung verläuft im Facialis und Trigeminus.

Durch den Nervus petrosus superficialis minor des Facialis, das Glosso-pharyngeum und den Auriculotemporalis des Trigeminus kommen die Nerven zur Parotis.

Der Sublingualis und Submaxillaris führt die Chorda tympani des Vagus zuerst an den Lingualis (Trigeminus) sich anlegend, wodurch der Truncus lingualis gebildet wird, von da wieder abtretend und theils in das Submaxillare sich einsenkend, theils direkt zur Drüse verlaufend die Gefässfasern zu.

LUDWIG hat gezeigt, dass die Reizung dieser Nerven z. B. auf elektrischem Wege ausser der Gefässerweiterung auch eine Speichelabsonderung der Drüse hervorruft. Dasselbe geschieht auf Reizung des Sympathicus.

CZERNAK entdeckte, dass bei Hunden die aus irgend einem Grunde vermehrte Speichelsekretion (z. B. durch Reizung des Lingualis erregt) aus der Submaxillaris durch elektrische Reizung des Sympathicus verlangsamt, ja zum Stillstand gebracht werden kann. Dasselbe wird im umgekehrten Sinne behauptet (KÜHN), sodass beide Nerven gegen einander als »Hemmungsnerven« zu wirken scheinen.

Die Gefässlumensveränderungen und die Drüsenabsonderung stehen in nicht zu verkennender Wechselbeziehung. Der auf Reizung des Sympathicus abgesonderte Speichel »der Sympathicus-Speichel« ist zäh und dunkel und spärlich; der Trigeminus-Speichel ist reichlich und ärmer an Bestandtheilen, was mit den Cirkulationsverhältnissen der Drüse während der Reizung zusammenpasst. Reichlichere Blutzufuhr liefert ein reichlicheres Material zur Absonderung, es muss aber zu dem Materiale stets auch noch die Verengung in der Drüsenzelle durch Nervenreiz als bedingendes Moment hinzukommen, ohne das keine Absonderung erfolgen kann.



normalen, lebenden Organismus erfolgt die Speichelabsonderung stets unter Nerveneinfluss reflektorisch vom Magen und der Mundhöhle aus. Die Absonderung geschieht im Leben meist durch Geschmacksreize, welche die Mundschleimhaut treffen, dasselbe bewirken an der gleichen Stelle alle Nervenreizmittel mit einer Federfahne, chemische Reize durch saure oder alkalische Flüssigkeiten, Alkohol, Aether, Pfeffer. Auch bei Kaubewegungen findet eine Speichelabsonderung statt, welche nicht sowohl durch Druck der Kaumuskeln auf die Zähne, als durch eine bei willkürlicher Erregung der Kaunerven gleichzeitig mit der Erregung der Drüsenerven zu erfolgen scheint.

Die durch Säuren reflektorisch erregte Speichelabsonderung liefert dünnen Speichel; Alkalien und scharfe Gewürze einen zähen, dickflüssigen.

MAZZI hat zu den schon angeführten Beweisen von der relativen Unabhängigkeit der Speichelabsonderung von der Blutcirculation in der Drüse noch weiteren hinzugefügt, dass die künstlich verminderte Drüse auf Nervenreiz sehr secernirt, obwohl die Steigerung der Blutzufuhr durch die Reizung folgt. Die Drüse wird dann ödematös, es häuft sich in ihr seröse Flüssigkeit an.

Die Nerveneinflüsse sind vor allem für die Submaxillardrüse untersucht. Das reflektorische Centralorgan für ihre Thätigkeit liegt wahrscheinlich im Gehirn. Die central zum Gehirn zu verlaufenden Nerven, welche reflektorisch erregt, die Sekretionsarbeit der Drüse veranlassen, verlaufen im Glossopharyngeus und wohl auch im Trunc. vag. und Vagus.

Das Ganglion submaxillare soll nach BERNARD ein Reflexorgan für die Drüsenarbeit sein. Es enthält Ganglienzellen, deren Erregungszustand eine Absonderung der Submaxillar-Drüse hervorruft. Es wäre dieses der einzige Fall, in welchem Reflexorgane außerhalb der nervösen Centralorgane, Rückenmark und Gehirn, nachgewiesen wurden. Die Nerven, welche das Ganglion submaxillare reflektorisch zu erregen vermögen, verlaufen im Vagus, gehen aber von da wieder zum Ganglion.

Nach Durchschneidung des Trunc. typ.-ling. sollen andere sensible Reize der Mundschleimhaut als Geschmacksreize noch Sekretion hervorrufen können. BERNARD's Beobachtung wird bestritten.

Die Speichelabsonderung tritt auch auf mechanische, thermische, elektrische, rein chemische Reize ein, auch bei Brechneigung (vom Magen aus oder direkt vom Gehirn?), bei Einbringen von Speisen in eine Magenfistel (FRENCH).

Im normalen Verhalten sondern die Speicheldrüsen (LUDWIG) nur unter Nerveneinfluss ab. Ohne denselben steht die Sekretion still. Nach ECKHARD u. A. soll dagegen beim Schaf die Parotisabsonderung eine continuirliche sein. Auch bei dem Menschen scheint sie nie aufzuhören (DOUGLAS), wenn sie auch im nüchternen Zustand geringer ist, als bei und nach dem Essen. COLIN sah die Parotis bei dem Rinde continuirlich absondern 200—600 ccm in der Viertelstunde. Längere Zeit nach der Durchschneidung des Trunc. tympanico-ling. tritt mit beginnender Degeneration der Drüse eine continuirliche »paralytische Sekretion« ein, um mit fortschreitender Degeneration der Drüse wieder aufzuhören. HEIDENHAIN sucht die Ursache der paralytischen Absonderung in der Stagnation des Sekrets in der Drüse. Paralytische Sekretion tritt auch rasch auf nach Zerschneidung des Ganglion submaxillare mit Erhaltung der vom Tr. typ.-ling. durchtretenden Fasern (BERNARD), oder Vergiftung mit Curare, wodurch die sympathischen Fasern gelähmt werden.

## Bestandtheile des Speichels und seine Menge.

Nach KOLLIKER ist der Speichel normaler Weise frei von geformten Theilen. Er bekommt nur abgestossene Epithelzellen aus den Drüsen der Mundhöhle beigemischt.

In dem gemischten Mundsaft, dem gemischten Sekrete aller in die Mundhöhle mündenden Drüsen finden sich in grosser Anzahl rundliche, kleine Gebilde: Speichelkörperchen, Schleimkörperchen, die den weissen Blutkörperchen gleichen. Sie finden sich in besonders reichlicher Menge in dem Speichel, den man an der Zungenwurzel abgesogen hat. Diese Zellen sind kugelförmig, kernhaltig. Die im Inhalte der Zelle befindlichen Körnchen zeigen lebende Bewegung.

Wir nennen im gewöhnlichen Leben Speichel den gesammten Mundsaft, der von allen grossen und kleinen in die Mundhöhle ihr Sekret ergiessen wird. Er entstammt. Seine chemische Zusammensetzung wird selbstverständlich verschieden je nach den Quantitäten der beigemischten Speichelarten, die von den verschiedenen Drüsen und Reizzuständen Unterschiede erkennen lassen.

Letzteres ist besonders bei der Submaxillardrüse und ihr näher untersucht.

Der Speichel welcher auf Reizung der Chorda abgesondert wird, heisst Chorda-Speichel oder Chorda-Speichel. Er enthält keinerlei zellige Bestandtheile. Er reagirt stark alkalisch, nur manchmal die ersten Tropfen nach langer Ruhe sauer und besteht meist zu 98,6—99,2% aus Wasser. Der feste Bestandtheil, die festen, nicht flüchtigen im Speichel gelösten Stoffe betragen also nur 0,8—1,4%. Hier und da steigt der Gehalt an festen Stoffen auch höher, wenn die Drüsenabsonderung in der Zeit eine unbedeutende ist. Dann sogar vor, dass diese Stoffe bis zu 4 ja bis zu 8,5% (BRÜCKE) steigen. Eine vollständige Analyse dieser Forscher vom Hundespeichel der Submaxillaris kann die Zusammensetzung veranschaulichen:

Wasser . . . . .	991,45
Rückstand . . . . .	8,55
organische Materie . . . . .	2,89
Chlorcalcium . . . . .	4,50
Chlornatrium . . . . .	
kohlensaurer Kalk . . . . .	1,16
phosphorsaurer Kalk . . . . .	
„ Magnesia . . . . .	

BRÜCKE hat im reinen Speichel etwas Ammoniak als normalen Bestandtheil aufgefounden.

Unter den organischen Bestandtheilen dieses Speichels zeigt sich charakteristisch das Ptyalin, der Speichelstoff, Speichelferment und ein geringe Menge an Eiweiss und Mucin oder Schleimstoff. Unter den anorganischen Bestandtheilen der Gehalt an kohlensaurerem Kalk auffallend, der sich bei dem Stehen des Speichels in den schönen doppeltbrechenden Krystallen des Kalkspaths absetzt. Auch hier und da während des Lebens Gelegenheit zur Bildung fester Speichelsteine, in den Speichelgängen giebt.



UGER hat die Speichelgase des Submaxillarspeichels eines Hundes bei Schlus aufgefange und untersucht, er fand (nach Fleischfütterung):

Sauerstoff . . . . .	0,6%
Kohlensäure:	
auspumpbare . . . . .	22,5%
durch Phosphorsäure ausgetriebene	42,2%
totale . . . . .	64,7%
Stickstoff . . . . .	0,8%

Die Konzentration des Speichels ist von der Dauer der Absonderung abhängig, der sie langsam sinkt.

Einige Substanzen, die abnormer Weise in das Blut gelangten, gehen aus dem Blut in den Speichel über: so Jod und Brom, dasselbe wird von dem Silber behauptet.

Der Sympathicus-Speichel ist wie der Chorda-Speichel bisher bei Hunden untersucht worden. Er zeigt seiner Dickflüssigkeit entsprechend ein hohes spezifisches Gewicht, auch seine festen Bestandtheile betragen mehr als die des Chordaspeichels. Er enthält eine ziemliche Menge von Gallertklumpen, die einen Mucin- und Eiweissgehalt erkennen lassen. Der Mucinegehalt kann leicht durch Essigsäure, mit welcher das Mucin herausfällt, nachgewiesen werden; er ist so bedeutend, dass er etwa  $\frac{1}{3}$  des ganzen Speichelvolumens beträgt.

Die Reaktion des Sympathicus-Speichels beim Hunde ist alkalisch, die festen Salze sind qualitativ von denen des Chordaspeichels nicht verschieden.

REICHARD hat vom Menschen durch Einlegen einer Kautle in den Ausführungsgang Parotisspeichel erhalten, den man auch aus zufälligen Speichelabsonderungen gewinnen kann. Derselbe enthält Spuren eines bekannten giftigen Stoffes: Rhodankalium (TREVRANUS, v. PETTENKOFER), den man durch Zusatz von Eisenlösung, wodurch sich der Speichel roth färbt, durch Bildung von Eisenrhodanid, nachweisen kann. Man behauptet theilweise, dass das Rhodankalium CNKS kein fester Speichelbestandtheil sei, sondern aus kariösen Processen der Zähne herstamme. Andere wollen es in den reinen Drüsensekreten aufgefunden haben.

Die paralytische Speichelabsonderung liefert grosse Mengen eines sehr konzentrierten Speichels.

Bei der Submaxillardrüse ist die Frage, welche Veränderungen das Blut, während es durch die secernirende Drüse fliesst, erleidet, in Angriff genommen. Dass es bei Chorda-Speichelabsonderung hellroth, arteriell in die erweiterten Venen einströmt, haben wir schon erwähnt. Entspricht dieser veränderten Farbe und vermehrten Geschwindigkeit der Blutbewegung auch die Drüse ein relativ höherer Gehalt des venösen Blutes an Sauerstoff, ein geringerer an Kohlensäure gegenüber derselben Blutart der ruhenden Drüse. Die Sympathicusreizung, welche den Blutstrom verlangsamt und spärlicher macht, lässt das Venenblut ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure werden. Es ist klar, dass wir es hier zunächst mit Blutveränderungen, hervorgehend aus den Unterschieden der Geschwindigkeit der Blutbewegung, zu thun haben.

Nach PRÜGER wird durch längere Sekretion die Speicheldrüse leichter, weicher, absolut relativ ärmer an festen Bestandtheilen und blässer von Aussehen. Durch längere Ruhe oder Fasten treten die umgekehrten Veränderungen ein, und die Farbe wird mehr gelblich. Dieses soll durch zahllose in den Speichelzellen sich anhäufende Molekularkörnchen bedingt sein. Die Drüse ist dann »geladene« (cf. auch oben S. 232).



Nach alledem können wir die verschiedene Wirkung des Sympathicus und V auf die Absonderung der Speicheldrüse uns so erklären: durch beide Nerven wird die Sekretion der Drüse, die aktive Ausscheidung des spezifischen Sekretes, «geladen» ist, und das sich vielleicht während der Reizung zum Theil neu bildet. Bei der Sympathicusreizung «presste» die Drüsenzelle ihren Inhalt aus, ebenso bei geminusreizung, das Produkt der Sekretion ist aber einmal arm an Transsudatbeimischung (vor allem Wasser) aus dem Blut und Lymphe, das andere reich, je nachdem gleichzeitig der Drüse die Aufnahme von Flüssigkeiten durch Osmose in grösserem oder geringerem Maasse ermöglicht ist. Ueber die Erklärung der Unterschiede in der Cavotis und dem Speichelgang der serernirenden Drüse wie oben gesprochen. Man darf dabei auch die Bemerkung von DONDEAS nicht vergessen, der hohe Druck, den LEOWIG gefunden, kein normaler ist, da nur ein geringer Druck stattfinden kann, solange der Abfluss des Speichels frei ist, und an der Ausführung wird der Druck stets = 0. PRUTTER beschreibt in der Drüse auch glatte Muskelfasern, die sich am Ausscheidungsdruck betheiligen könnten.

Der reine Sublingualspeichel verhält sich in seinen Eigenschaften dem Speicheldrüsenspeichel sehr ähnlich, reagirt alkalisch, enthält Mucin und Rhodankalium.

Der Speichel der Parotis wird normal durch reflektorische Uebertragung im Zustande der sensiblen Mundschleimhautnerven auf den Drüsennerven in der Drüse. Der Einfluss psychischer Momente auf die Absonderung ist bei keiner Drüse so stark wie bei dieser. Nicht nur Vorhalten, sondern schon die Vorstellung besonders scharf lässt ihn oft in starkem Strahle aus dem Ausführungsgang hervorspritzen.

Im Parotidenspeichel soll das Mucin fehlen (?); er enthält aber kein Eiweiss.

Nach Unterbindung aller Ausführungsgänge der grösseren Speicheldrüsen kann das spärliche Sekret der Schleimdrüsen der Mundhöhle gesondert gewonnen werden. Der Mundschleim enthält eine grosse Menge geformter Bestandtheile: die Epithelien, Schleim- oder Speichelskörperchen, die sonach nach KÖLLIKER vielleicht aus kleineren Drüsen herkommen, nach DONDEAS aus der Sublingualis. Nach PRUTTER sind sie eine katarrhalische Affektion der Schleimhaut der Gänge. nach Anderen wandern sie aus den Drüsen aus.

Nach BINDER und SCHMIDT enthält der Mundschleim neben Wasser 10% feste Bestandtheile, von denen mehr als 6% anorganischer Natur sind, davon treffen 5,3% auf Chlor, Kali und Natron —, der Rest besteht aus phosphorsauerem Natron, Kalk und Magnesia. Es fehlt also der für den Speichel charakteristische (?) kohlensauere Kalk.

Aus allen diesen Sekreten in wechselnder Menge ist der gemischte Mundschleim zusammengemengt. Seine Gesamtmenge soll nach Umrechnung beobachteter Verhältnisse auf den Menschen zwischen 200—450 Gramm in 24 Stunden schwanken. Aus einer zufällig entstandenen Fistel des Ductus parotidis erhielt MITSCHERLICH im Mittel 80 Gramm Speichel im Tage; für alle Speicheldrüsen zusammen würde das nach VALENTIN etwa 246 bis 346 Gramm geben. SCHMIDT hält die Mengen für viel grösser: 1000—2000 Gramm im Tage.

Jedenfalls, mögen diese Berechnungen noch so ungenau sein, wird durch die Absonderung der Speicheldrüsen dem Blute fort und fort eine sehr bedeutende Flüssigkeitsmenge entzogen, die durch das Verschlucken des Speichels wieder in den Blutkreislauf zurückgelangt, hierin ein Beispiel des «intermediären Säftekreislaufs», der aus dem Blute in die Organe und aus diesen wieder in das Blut zurück erfolgt.

### Physiologische Wirkungen des Speichels.

Der grosse Wasserreichtum und die jedenfalls sehr bedeutende Menge des Speichels lösen die in den Mund aufgenommenen, in Wasser löslichen

**Kalische Reaktion** macht es auch, wie oben erwähnt, möglich, dass manche in reinem Wasser unlösliche Substanzen sich in ihm verflüssigen.

Der **Schleim**, welchen der Speichel enthält, macht den Bissen schlüpfrig und zum Verschlucken geschickt, und ist zugleich der Grund, dass der Speichel sich schäumt und viel Luft in sich einschliesst, die, mit in den Magen hinabgeht, sich vielleicht an den Verdauungsprocessen daselbst betheiligt.

Die wesentlichste Aufgabe des Speichels für die Verdauung ist die, dass er einer einleitend genannten, an sich in Wasser unlöslichen Stoffe der Nahrung das Stärkemehl verdaut, d. h. in den löslichen Zustand überführt.

Der frische Speichel hat die Fähigkeit Stärkemehl in Dextrin Traubenzucker zu verwandeln.

Auf rohe Stärke zeigt er nur geringere Einwirkung, dagegen verwandelt er mit grosser Raschheit gekochte Stärke, Stärkekleister in Zucker, ebenso alle Stärke, wie dieses bei der Zubereitung unserer aus Stärkemehl bestehenden oder wenigstens davon enthaltenden Speisen stets der Fall ist, einer höheren Temperatur ausgesetzt war.

Diese wichtige Fähigkeit wird dem Speichel durch jenen eigenthümlichen weissartigen Fermentkörper (COHNHEIM, v. WITTICH) ertheilt, durch das Ptyalin oder den Speichelfermentstoff (SCHWANN). Aus allen Speicheldrüsen konnte man das zuckerbildende Ferment (mit Glycerin) ausziehen. Solche Fermente fand er aber auch in den meisten Organen: in der Magen- und Darmwand, Haut, Pankreas, Leber, Nieren, Gehirn, Blut und Blutserum.

Es ist wichtig, dass diese Einwirkung des Speichels oder vielmehr des Ptyalins auf Zucker auch dann noch stattfindet, wenn die Flüssigkeit schwach ist. So kann sich die Wirkung des Speichels auch im Magen noch fortsetzen. Die Wirkung des Ptyalins wird als eine Fermentwirkung betrachtet, d. h. es lässt dieser Stoff seine verdauenden Eigenschaften entfalten, ohne selbst dabei verbraucht zu werden, sodass eine verschwindend kleine Ptyalinmenge immer neue Mengen Zucker zu bilden vermag.

Die Ptyalinwirkung verschwindet wie alle Fermentwirkung durch Kochen. Das Ptyalin und damit die Zuckerbildung kommt allen Speichelarten des Menschen zu.

**Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre. — 4. Verdauung in der Mundhöhle.** Vor allem wurde die mechanische Seite der Speisezerkleinerung und Vorbereitung zum Schlucken schon im Alterthum aufgefasst. Die Lehrer der Athletik empfahlen es ihren Schülern, dass sie, wenn sie anders wollten, dass die genossene Speise ihnen Kraft gäbe, nicht blos mit den Zähnen zerreißen, sondern mit Musse zerkauen sollten. Die Ohrspeicheldrüse erhielt im Verlaufe der Zeit den Namen Parotis, der ursprünglich eine Erkrankung derselben bedeutete (GALEN). Ueber den Speichel, den man mit den giftigen Bissen der Schlangen verglich, herrschten die abenteuerlichsten Anschauungen. Nach Plinius sollte der Speichel der einen Thierart für irgend eine andere specifisch giftig sein, wenn er es für andere nicht ist. So sei der Speichel des Menschen für die Viper ein Gift, umgekehrt. Der Speichel eines Nüchternen könne einen Skorpion tödten, während der Speichel der Viper weder für andere Vipern, noch der des Menschen für andere Menschen giftig sei. Man war zu analogen Behauptungen auch durch die Giftigkeit des Geifers (wie anderer Körperflüssigkeiten) wuthkranker Hunde hingeführt worden. Im zweiten Decennium des sechzehnten Jahrhunderts schreibt dem Speichel noch MAGENDIE nur physikalische Wirkungen. Er bezeichnet als die Veränderungen, welche die Nahrungsmittel im Munde erleiden,



drei: Veränderung der Temperatur, Vermischung mit den Flüssigkeiten, die in den Mund ergossen werden, mehr oder weniger starker Druck und sehr oft Thermo- und Chemismus, welche den Zusammenhang ihrer Theile zerstört. Der Nutzen der Speichelbildung wurde darin gesucht, dass der grösste Theil der Speisen, welche der Einwirkung unterworfen sind, sich in dem Speichel auflösen oder sich mit ihm ganz oder theilweise vermischen, wodurch sie zum Verschlucken geeignet werden. Wegen seiner Viskosität nimmt der Speichel Luft auf. Ob diese ganze Veränderung nur den Zweck hat, die Speisen zur Magenverdauung geschickter zu machen, oder ob sie im Munde einen Aufschluss erleiden? Man weiss nichts Positives über diesen Gegenstand, sagt M. J. Schleiden, dem wissenschaftlichen Stolz des Nichtwissens, der ihn zu einem der bedenklichsten Vorurtheilsfreisten Forscher in der Physiologie für alle Zeiten macht.

In Beziehung auf den Beginn der Assimilation oder wenigstens auf chemische Veränderungen durch den Speichel auf die Nahrungsstoffe wollte man doch schon Bedacht genommen haben. Man nahm nach den Versuchen von PRINGLE an, dass dem Speichel eine assimilische Kraft zukäme, dass Fleisch längere Zeit dadurch vor Fäulnis bewahrt werde. Nach Anderen sollte der Speichel ein die Gährung, vorzüglich die Weingeistgährung, beförderndes Mittel sein, da man erfahren hatte, dass afrikanische und amerikanische Völker Wurzeln und Früchte, besonders Mais, aus dem sie berauschende Getränke bereiten, vorher kauen. Der Speichel sollte Substanzen (besonders Metalle) leicht oxydiren. BERZELIUS schrieb 1797 eine Monographie über den Speichel zunächst des Menschen, in welcher die physiologische und pathologische Beziehung. Nach seinen und FOURCROY'S Untersuchungen und Zusammenstellungen wurde der Speichel schon ziemlich genau in seinem chemischen Verhalten bekannt. HAMBERGER und SIEBOLD bestimmten seine spezifische Consistenz, seine Reaktion, die man bei Gesunden für neutral hielt, seine Viskosität und Schleimgelbtheit; man wies Kochsalz, phosphorsaures Natron und phosphorsäure nach. Sein Wasserreichthum wurde zu  $\frac{4}{5}$  seiner Menge angegeben.

1780 legte HAPPEL DE LA CHENAYE die erste künstliche Speichelfistel bei einem Menschen an, aus der er in 24 Stunden 12 Unzen Speichel erhielt, den er chemisch untersuchte.

SPALANZANI (1786) und RÉAUMUR wollten gefunden haben, dass Speisen rascher verdaut wurden, wenn sie vorher mit Speichel, als wenn sie mit Wasser durchdrungen wurden, welche Wirkung TIEDEMANN und GMELIN auf den Gehalt des Speichels an kohlensaurem und salzsauerem Kali und Natron beziehen wollten.

Im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts brachten die chemischen und physiologischen Untersuchungen von BERZELIUS über den Speichel noch genauere Aufschlüsse. BERZELIUS wurde die Bezeichnung »Speichelstoff« zuerst gebraucht; er sollte ein animalischer Stoff sein, der den Hauptbestandtheil der organischen festen Stoffe ausmache. Physiologisch-chemische Wirkungen wurden diesem Salivin oder Speichel wenig zugeschrieben, dass BERZELIUS im Gegentheil behauptete, dass der Speichel sich aus den Nahrungsstoffen nicht mehr als reines Wasser ausziehe. J. MÜLLER beobachtete die Wirkung für das Fleisch, das er vergleichend mit Wasser und Speichel behandelte.

Im Jahre 1831 entdeckte LEUCHS die Eigenschaft des Speichels, aus Stärkekorn und Zucker zu bilden, was von SCHWANN sogleich bestätigt wurde. Man leitete die Wirkung von einem der Diastase des Malzes analogen »Ferment« her, dem man den Namen »Speichelstoff« übertrug. LASSAIGNE und MAGENDIE (1845) suchten die spezifische Wirkung des Speichels anderen animalischen Stoffen gegenüber zu bestimmen und REAUMUR verlegte die spezifische Wirkung in den Mundschleim, und BERZELIUS (1847) die Wirkung des Speichels dadurch als eine minimale betrachtend, da er sie allein in der alkalischen Reaktion des Speichels suchte (wie VAN STRIKE sie im Magen sogleich säurte unter der Einwirkung des saueren Magensaftes). J. MÜLLER beobachtete, was DONNERS bestätigte, dass der gemischte Mundspeichel die verdauende Eigenschaft in höherem Maasse zukäme als der einzelnen Speichelarten, da der Mundschleim an dieser Wirkung keinen Antheil nehme. Derselbe mit FARRAR



konnte erweisen, dass auch schwach angesäuertcr Speichel noch seine zucker-  
 bildende Wirkung fortsetze, für den Fortgang des Processes im Magen wurde dieser Beweis  
 nicht geführt. Die übrigen wichtigeren, neueren Untersuchungen sind oben erwähnt.  
 Man glaubte fälschlich, dass nur der zersetzte Speichel wirke.

Während man früher das »Speichelferment« wie alle anderen Fermente für einen Ei-  
 weisskörper hielt, zweifelt man neuerdings daran (COHNHEIM). HALLIER wollte jüngst den  
 Speichel der Mundflüssigkeit die zuckerbildende Rolle zuschreiben, was von BEZOLD widerlegt

**Entwicklungsgeschichte der Drüsen der Mundhöhle.** — Nach KÖLLIKER werden die  
 Speicheldrüsen der Lippen, Zunge, des Gaumens erst im vierten Monat des Embryonal-  
 lebens angelegt. In ihren ersten Anfängen sind sie nichts anderes als einfache solide Sprossen  
 der Epithelschichten. Nach demselben Schema scheint die Bildung der Spei-  
 cheldrüsen zu beginnen, die dann nach den Untersuchungen von E. H. WEBER, J. MÜLLER,  
 REISS u. A. in ganz analoger Weise verläuft, wie oben S. 433 die Bildung der Milch-  
 drüsen nach LANGER beschrieben wurde, und zwar bis ins Einzelste. Sie treten in der zweiten  
 Hälfte des zweiten Monats auf und schreiten in ihrer Entwicklung rasch fort, sodass sie im  
 vierten Monat, abgesehen von der Grösse, schon ziemlich ausgebildet sind. Zuerst tritt die  
 Sublingualis auf, dann die Sublingualis, zuletzt die Parotis. Die Tonsillen erscheinen im  
 vierten Monat als einfache Spalten, die sich im Grunde zu einem Säckchen mit kleinen  
 Höhlen erweitert. In der Wand zeigen sich im Bindegewebe der Schleimhaut zunächst  
 begrenzte reichliche Zelleneinlagerungen. Die Abschnürung in Follikel ist durch Ent-  
 wicklung stärkerer Bindegewebszüge um Zellengruppen zu Ende des Embryonallebens  
 bei KÖLLIKER. Analog ist die Bildung der Schleimbälge der Zungenwurzel.

Man behauptet, dass den Neugeborenen in den ersten Lebenswochen noch die  
 zuckerbildende Fähigkeit fehle und damit die Fähigkeit Stärke im Munde zu Zucker zu  
 machen. Nach BIDDER und SCHMIDT finde während der ganzen Säuglingszeit keine eigent-  
 liche Speichelbildung statt. Man hat das bei der Ernährung der Kinder zu berücksichtigen,  
 da dadurch zur Mehlverdauung weniger fähig sind (S. 248).

**Vergleichende Anatomie und Physiologie.** — Grössere Drüsen der Mundschleimhaut  
 fehlen den Amphibien und Fischen, bei denen nur zerstreute kleinere Drüsen  
 vorkommen. Bei den Reptilien finden sich grössere längs der Kieferränder gelagert: Lip-  
 pen- und Zungendrüsen. Bei den Schlangen bilden die Giftdrüsen ein mächtigeres Drüsenorgan.  
 Bei Schildkröten treffen wir unter der Zunge auf ein Drüsenpaar, das man als Spei-  
 cheldrüsen anspricht. Bei Vögeln und Säugethieren finden sich konstant grössere  
 Speicheldrüsen vor, die zur Bildung einer Mundhöhlenflüssigkeit beitragen, und die man als  
 Maxillares, Sublinguales und Parotides bezeichnet. Letztere münden bei den Vögeln im  
 Kieferwinkel. Die bedeutendste Entwicklung und den bedeutendsten Umfang erreichen die  
 Speicheldrüsen bei den auf vegetabilische Kost angewiesenen Thieren, bei denen auch die  
 abgesonderte Flüssigkeitsmasse eine sehr viel bedeutendere ist als bei den Fleisch-  
 fressern, bei denen die Drüsen weniger entwickelt sind. Bei den Pinnipediern sind sie noch  
 weniger entwickelt, besonders die Parotis; sie fehlt bei Echidna; auch den Cetaceen fehlen  
 Speicheldrüsen gänzlich. Die Schleimdrüsen entwickeln sich bei manchen Säu-  
 gethieren in einzelnen Gruppen sehr bedeutend. Bei manchen Carnivoren (Hund) findet sich  
 eine in der Orbita gelagerte glandula Zygomatica, auf die man bei Versuchen über  
 Mundschleim Rücksicht zu nehmen hat.

Bei den Carnivoren — dem Hunde — fehlt das Zuckerbildungsvermögen dem Parotiden-  
 speichel vielleicht gänzlich; die anderen reinen und gemischten Sekrete besitzen es auch  
 in geringerem Grade. Hier scheint vor allem die mechanische Wirkung des Speichels  
 in Betracht zu kommen, die bei den Cetaceen durch das mit der festen Nahrung aufgenom-  
 mene Wasser ersetzt wird.

Die Drüsen der Wirbellosen, die man als Speicheldrüsen anspricht, sind von beson-  
 dere Wichtigkeit für den allgemeinen Bauplan dieser Drüsengattung. LEIDIG theilt die hier-

her gehörenden Bildungen in drei Gruppen. Die erste umfasst die wirklich Drüsen, wie sie bei Hirudineen sich finden. Hier verlängert sich die Sekretionszelle unmittelbar zu dem oft sehr langen Ausführungsgang. Der Inhalt der feinkörnige Masse. Die zweite Gruppe umfasst die einzelligen Drüsen, deren Ausführungsgang aber geschlossen ist, sich also nicht in den Ausführungsgang. Jede einzelne Sekretionszelle liegt für sich in einer eigenen Tunica propria mit Aussehen, das in den gemeinsamen Ausführungsgang, der Flimmerepithel zeigt, haben wir das einfachste Bild einer traubenförmigen Drüse. So bei *Helix*, *Lam.* eigenthümliche Modifikation dieses Drüsentypus bildet auch die obere Speicheldrüse der Biene. In der dritten Gruppe treten die mehrzelligen Drüsen auf, bestehend aus einer grösseren Anzahl von Sekretionszellen in einer gemeinsamen bindegewebigen Hülle. Hierher gehören die unteren Speicheldrüsen der Biene, die Speicheldrüsen von *Vivipara*, *Littorina* u. a. der Pteropoden, Heteropoden, Arthropoden. Eine Art sind auch die Spinnrüsen (Serikterien) der Raupen, in deren kolossalen Zellen man nur bei Insekten (Hautdrüsen und Epidermiszellen des Darms gewisser Fadenfüßer) den verzweigten Kerne auffand. Das Sekret der Spinnrüsen besteht aus einer Flüssigkeit und einer elastischen zähen Substanz, die als Faden den Kanal des Drüsenkanals gerade oder geschlängelt durchläuft (LEYDIG). — Bei den Wirbellosen kommt in einigen Fällen schon eine vollkommene Verdauung in der Mundhöhle zu Stande, wovon z. B. LEYDIG die Larve von *Corethra plumicornis* anführt, bei der das ganze, von der Larve erhaschte und in den Pharynx eingetriebene Futter über diesen Abschnitt des Nahrungsrohrs hinaus, in dem eine bestimmte Verdauungsvorrichtung allen festeren Theilen den Durchgang zum Schlund verweigert, daher im Pharynx z. B. der verschluckte Wasserfloh so lange liegen, bis seine Verdauungsfähigen Stoffe von ihm ausgezogen sind. Diese können in flüssiger Form den Schlund passieren und gehen durch den engen Schlund, und es darf hier die Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass bei dieser Vorverdauung im Pharynx das Sekret der Speicheldrüsen, welches sich im Speichelbehälter angesammelt hat, eine mitwirkende Rolle spielt. Das Chitinskelet des eingewürgten Thieres aber durch die Mundöffnung auswandern, wobei eine theilweise oder vollständige Verdauung im Pharynx erfolgt. Bei den Schlangen nimmt das Sekret der Drüsen der Mundhöhle (Speicheldrüsen) eine giftige Beschaffenheit an; bei manchen Insekten, z. B. vielen Hymenopteren, hat das Sekret eine reizende Wirkung auf die Wunde. Bei Insekten, bei welchen man die unteren Speicheldrüsen unterscheidet, ist das Sekret derselben verschieden. Bei der Biene z. B. scheiden die unteren Speicheldrüsen eine zähe das Licht stark brechende Substanz ab, die wahrscheinlich ein Kittstoff ist, um die aus den Leibesringen schwülstigen Stücke zu verbinden (LEYDIG). Bei den Ameisen scheint auch das Sekret der Speicheldrüsen zum Auskitten ihres Baus zu dienen (H. MECKEL). In dem Sekret von *Dolium Galea* (LAM.), einer der grössten Schnecken Siciliens, welche eine trübe, wasserhelle, stark sauer schmeckende Flüssigkeit darstellt, die in Berührung mit kohlensaurem Kalk heftig Kohlensäure entwickelt, fanden KÄRNER und TROSCHEK Salzsäure und 2,6% freies Schwefelsäurehydrat; ausserdem 1,1% schwefelsaure Salze, 1,6% Magnesia, Kali, Natron, etwas Ammoniak, organische Substanz und 93,8% Wasser. Die Schnecke vermag diesen Speichel mit Gewalt auszuspritzen und scheint sich desselben als Waffe zu bedienen.

Krankhafte Veränderungen des Speichels und Untersuchungen des Speichels durch den Arzt. — Wir haben schon erwähnt, dass gewisse in den Blutkreislauf übergehende Stoffe, wie Jod, Brom etc. im Speichel abgeschieden werden, und zwar im Drüsen- oder Speicheldrüsen- oder Speicheldrüsenfluss in der Flüssigkeit gefundene Quecksilber aus dem Speichel stammt oder ob dasselbe nur ein Bestandtheil der bei diesem Process abgestossenen Mundepithelien ist, ist noch nicht entschieden. Das Letztere ist wahrscheinlicher (KUNZE), da alle Gewebe Quecksilber in sich binden, sodass man es auch

in allen in grösserer oder geringerer Menge nachweisen kann (cf. Leber). Der Speichel reagirt bei Quecksilberkuren von dem gereizten Zustand der Mundschleimhaut ab. Auch bei Quecksilber kann man bei Geisteskranken eine abnorme Steigerung der Speichelsekretion beobachten, die zum Theil auch aus Reizungszuständen der Mundschleimhaut viel, aber auch aus Reizung der centralen Nervencentren der Speichelsekretion sich erklärt. C. G. MITSCHERLICH beobachtete an dem Speichel der aus einer zufälligen Fistel des Ductus Stenonianus bei einem Menschen abfloss, fast immer saure Reaktion; dasselbe beobachtet öfters an dem durch eingelegte Kanülen gewonnenen Parotidenspeichel eines Typhus. Im Typhus stagnirt der Speichel in der Parotis und nimmt saure Reaktion an. Es handelt es sich hier um eine Erkrankung der Drüse, da Säuren nicht in den Speichel gelangen (Kühne). Bei Morbus Brightii und nach Unterbindung der Nieren fand man im Harn, auch im reinen Drüsensekret Harnstoff. Gallensubstanzen und Zucker (?) gehen in den Speichel über. Von den Speichelsteinen war schon oben die Rede; sie finden sich im Ductus Stenonianus und Wartonianus vor. Sie bestehen vorzüglich aus kohlenstoffhaltigem Kalk mit wenig phosphorsauerem und einer organischen Materie: Albuminate mit Phosphorsäure. Dieselbe Zusammensetzung haben die »Zahnsteine« bei unreinlich gehaltenen Zähnen. Man erkennt das Ptyalin leicht daran, dass man den gepulverten Stein in verdünnter Salzsäure löst, dann die Flüssigkeiten mit Ammoniak fast vollkommen abstumpft und sie auf gekochter reiner Stärke (die man womöglich selbst aus zerriebenen Kartoffeln als Stärkezucker gewonnen, gewaschen und an der Luft getrocknet hat) setzt. Sehr rasch tritt die saure Reaktion (cf. Harn) auf. Die Stärke des Handels ist meist schon etwas zuckerhaltig. Der Saure der Zähne soll von saurem Speichel oder Mundschleim erzeugt werden, die saure Reaktion durch Gährungen in der Mundhöhle. In der Mundhöhlenflüssigkeit, im Zahnbeleg, Zungenbeleg, finden sich normal ungemein viele niedere Pilzgebilde: Leptothrixgebilde (Hallier), kleinste Stäbchen und Hefen. Sie kommen in allen stagnirenden und faulenden animalen Substanzen in grösster Menge vor, im Magen, im Darm, Exkrementen werden sie niemals vermisst. Es sind Hefen, die man vorzüglich bei Wundbrand, Diphtherie etc. findet. Ihre Bedeutung ist nicht eine geringe zu sein (Abbildung bei Harn). Saure Mundflüssigkeit, wie sie bei Unreinlichkeit so rasch auftritt, unterstützt die Entwicklung des Soor im Munde. Ueber die saure Reaktion der Mundflüssigkeit gibt Lakmuspapier Aufschluss.



## Siebentes Kapitel.

### Der Verdauungsvorgang im Magen.

#### Schlund- und Speiseröhre.

Die Verdauung hat schon an einem der wichtigsten Nahrungsbestandtheile begonnen, wenn der Bissen aus der Mundhöhle dem Schlunde und der Speiseröhre dem Magen übergeben wird.

Schlund und Speiseröhre lassen bei dem Menschen keine verdauungswirkung auf die Nahrung erkennen.

Die Kontraktionen der quergestreiften meist noch von Knochen entfalteten Muskeln des Schlundes dienen dem Schluckakte.

Die Schleimhaut des unteren Theiles des Schlundkopfes besitzt Platten und, wenn auch sparsam und wenig entwickelt, Papillen. Der obere Theil des Schlundes — der respiratorische — besitzt Flimmerepithel wie die Atmungsorgane und hat mit der Beförderung des Bissens Nichts zu schaffen.

Der Schlund besitzt in seiner Schleimhaut traubenförmige kleine Schleimdrüsen und Balgdrüsen, die in ihrem Baue denen in den Mandeln ganz entsprechen.

An der Speiseröhre tritt der volle Darmcharakter mehr und mehr hervor. Nur in ihrem oberen Abschnitt zeigt sich die Muskelhaut noch quergestreift, in einzelnen Muskeln individualisirt. Je mehr sie sich dem Magen nähert, desto mehr mischen sich glatte Fasern ein, aus denen am Ende wohl die ganze Wand der Speiseröhre besteht.

Die Schleimhaut der Speiseröhre zeigt wie die des Schlundes noch quergestreift und ein ziemlich festes Pflasterepithelium. Von Drüsen finden sich gleichwohl schon oft genannten traubenförmigen Schleimdrüsen.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Der Schlund und Speiseröhre zeigen bei Thieren, die ihre Nahrung in sehr zerkleinertem Zustande genießen, wie Nagethiere und Krautfresser, während die eigentlichen Raubthiere eine weite Speiseröhre besitzen. Sehr weit sind sie auch bei Haifischen und Schlangen. Bei letzteren sind die Wandungen aber so dünn, dass man daran denkt, es könnten auch die Muskeln der Körperwandung, in soweit sie die Speiseröhre umgeben, durch Zusammenziehen den Schluckakt unterstützen. Bei Coluber scaber durchdringen mit Email beklebte Zähne der Wirtel die Wand des Oesophagus zahnartig in einer Reihe. — Bei den Vögeln häufig eine Erweiterung der Speiseröhre, der Kropf vor, der auch eine blinde Erweiterung darstellen kann, in welcher die Schleimhaut charakteristische Mä-

essenapparates zeigt. Am meisten findet er sich bei fleisch- und körnerfressenden. In dem Kropfe werden die Speisen aufgebäuft und sie quellen in ihm an, besonders bei den Tauben sondert in der Brütezeit der Kopf eine breiige, milchige Masse zur Ernährung der Jungen verwendet wird.

### Der Magen, die Magenschleimhaut.

Man hat früher den Magen als das Centralorgan der Verdauung betrachtet. Man ist an der Ansicht, dass die Speisen in ihm eine längere Zeit verweilen und dort ein Theil des in der Nahrung aufgenommenen Eiweisses in den Blutstrom übergeführt wird, in welchem es zu einem Bestandtheile der Säfte des Körpers werden kann.

Wenn die Speisen den Magen verlassen, so sind sie zu einem Brei, Chymus, umgewandelt, welcher sich zwar chemisch noch nicht sehr bedeutend von der Zusammensetzung der genossenen Nahrungsmittel verschieden zeigt, in physikalischer Beziehung aber veränderte Verhältnisse erkennen lässt.

Die verdauende Fähigkeit des Magens beruht wie die der Mundhöhle auf einer specifischen Flüssigkeit, dem Magensaft, welcher auf die Oberfläche der Magenschleimhaut von den Magendrüsen ergossen wird.

Die Schleimhaut des Magens (KÖLLIKER) besteht fast allein aus den Magendrüsen. Sie ist weich und locker; bei leerem Magen blauröthlich, nach der Verdauung lebhaft roth gefärbt, da dann alle Blutgefäße wie bei entzündeten Drüsen, z. B. bei den Speicheldrüsen, erweitert und stärker gefüllt sind. Kleine Längsfalten, welche die Schleimhaut des nüchternen, leeren Magens erkennen lässt, verstreichen, wenn der Magen sich füllt. Im Pylorustheil des Magens die Labdrüsenmündungen finden sich kleine netzförmig verbundene Falten und freie Zotten. In der Nähe des Pylorus ist die Schleimhaut am dicksten, am dünnsten ist sie in der Nähe des Magenmundes, wo sie oft nur eine Falte von  $\frac{1}{4}$  mm zeigt.

Die Oberfläche des Magens ist mit einem Cylinderepithel bedeckt, das in den Anfang der Drüsenmündungen fortsetzt.

Man findet sich im Magen zweierlei Arten von Drüsen: Magensaft- oder Labdrüsen und die Magenschleimdrüsen. Für den chemischen Akt der Verdauung hielt man bisher nur die ersteren von Wichtigkeit. Die Magenschleimdrüsen finden sich am Pylorustheile des Magens, der während der Verdauung blass bleibt. Die Form dieser Drüsen unterscheidet sich von den bisher besprochenen Schleimdrüsen, sie sind zusammengesetzt schlauchförmig. In der Innere dieser Schläuche setzt sich Cylinderepithel fort bis in die cylindrischen Endschläuche (Fig. 65. A).

Man sah am Pylorus ächte traubenförmige Drüsen, welche auch sonst im Magen zerstreut vorkommen (FREY).

Das meist alkalische Sekret der Magenschleimdrüsen überzieht im nüchternen Zustande die innere Magenoberfläche, besonders dick am Pylorustheile. Es besteht aus der Schleimproduktion auch die Cylinderepithelien der Magenschleimdrüsen. Ob sie ihr Sekret austreten lassen, oder ob sie bei der Sekretion ganz zerstört werden, ist nicht mit Bestimmtheit erkannt. Die letztere Annahme, gegen die auch die neueren Beobachtungen an anderen secernirenden Zellen, z. B. in



den Milch- und Speicheldrüsen sprechen, macht, da die Epithellage nur flache ist, Schwierigkeiten, wenn man nicht mit KÖLLIKER die Möglichkeit der Quertheilung der Cylinderzellen annehmen will, worauf vielleicht ein vorkommender zweiter Kern in einer Zelle hindeutet. F. E. SCHULTZ fand zwischen den unteren, verschmälerten Enden der Cylinderzellen kleine Zellen, von denen der Ersatz vielleicht ausgehen könnte, was durch die Benennung »Ersatzzellen« angedeutet werden soll.

Die Magensaftdrüsen sind wie die Magenschleimdrüsen schlauchförmig gebaut, doch zeigen sie sich nur manchmal in solcher Weise verästelt, wie bei letzteren als Regel erkennen (Fig. 65.). Eine dicht neben der anderen durchsetzen sie die ganze Schleimhautdicke bis zur Muskellage, sind aber der Dickenausdehnung der Schleimhaut von verschiedener Länge.

Fig. 65.



Zusammengesetzte Drüsen aus dem menschlichen Magen, 100mal vergr. A. Magenschleimdrüse von der Cardia. B. Magensaftdrüse von der Cardia. 1. Gemeinsame Ausmündungshöhle (stomach cell Tube) — bei A mit Cylindern, bei B mit Labzellen. C. Einzelne Labzellen, 350mal vergr. d. kleinere.

Wenn der Schleim von der Magenoberfläche entfernt wird, so zeigt sich eine kleine, runde, mit der Loupe erkennbare Grübchen, die mit Cylinderzellen tapeziert sind. In jedes solche Magenrübchen mündet eine Anzahl Magensaftdrüsen. Gegen ihr Ende zu zeigen letztere ziemlich häufig rundliche Endungen, selten theilt sich das Ende in zwei kurze Endschläuche, gewöhnlich etwas wellenförmig gebogen. HENLE nennt das Magenrübchen den Ausgang, den oberen meist engeren Theil der Drüse: Drüsenhals, die erweiterte Drüsenpartie nennt er: Drüsenkörper. Analog sind die Begriffe ROLLETT'S.



Magendrüse wird von der Umgebung durch eine zarte strukturlöse *membrana propria* abgetrennt; in dem Schlauche derselben finden sich runde oder vieleckige, kernhaltige Zellen, meist mit körnigem Inhalt: Labzellen, polymorphe Zellen (ROLLETT) oder Belagzellen (HEIDENHAIN). Ausser diesen grösseren nicht kontinuierlich das Lumen des Drüsenauskleidenden Zellen, besitzen die Labdrüsen noch eine viel grössere Anzahl kleinerer Zellen, die das eigentliche kontinuierliche Drüsenepithel darstellen: polymorphe Zellen (ROLLETT), Hauptzellen (HEIDENHAIN). Sie liegen auch die Belagzellen im Drüsenkörper, sodass diese nicht direkt das Lumen des Drüsenabschnittes berühren. Im Drüsenhals finden sich fast nur im Drüseneingang Cylinderzellen.

Am schmalen Streifen um die Cardia finden sich regelmässig jene typischen schlauchförmig verästelten Labdrüsen. Es münden dann mehrere schlauchförmige Drüsen in einen weiteren, in Cylinderepithel übergehenden Gang.

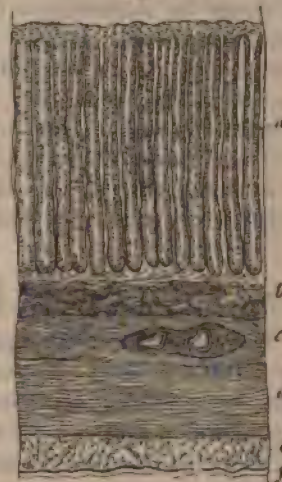
Die Untersuchungen von W. EBSTEIN, HEIDENHAIN u. A. soll in neuester Zeit einen Unterschied, den man zwischen Magenschleimdrüsen und Magendrüsen nicht mehr ableiten konnte, in einigen Beziehungen modificirt werden. Es scheint vielleicht eine scharfe Trennung in den Funktionen beider zu existiren. Die Lab- und Schleimdrüsen enthalten beide Mucin und Eiweissstoffe, sie enthalten auch Pepsin. Jedenfalls ist die Bildung in den Labdrüsen eine weit lebhaftere als in den Schleimdrüsen.

Die Drüsen stehen in der Magenschleimhaut dicht an einander, dass für Bindegewebe kaum mehr übrig bleibt (Fig. 66.). Am Grunde der Drüsen findet es sich an dem Grunde der Drüsenmündung eine Vermischung mit zahlreichen glatten Muskelfasern, die dort eine Art selbständige Muskellage der Schleimhaut (Kollagen) bilden und sich kreuzend zwischen die Drüsen einziehen, deren Entleerung sie unterstützen.

Obwohl sie steigen zwischen den Drüsen zahllos auf, die sich quer verbindend, ein Netz um die Schläuche herumspinnen. In diesem werden schon zu sehr zarten Stämmchen, die die Schleimhaut erreichen, zwischen den Drüsen spalten sie sich zu Kapillaren. Alle Drüsen sind mit Blutgefässringen umgeben, die sich untereinander vereinigend von oben als ein regelmässiges Maschennetz bilden. Die aus diesem Netze entspringenden Gefässe sind stets ziemlich weit, und durchlaufen die Verzweigung die Schleimhaut.

Unter den Magensaftdrüsen findet sich ein Netz von feinen Lymphgefässen, das liegt in der Submucosa, das man bei Thieren und Menschen, welche

Fig. 66.



Senkrechter Schnitt durch die Häute des Schweinemagens, vom Pylorus, Vergr. 30. a. Drüsen, b. Muskellage der Mucosa, c. submuköses Gewebe (Tunica nervosa) mit durchschnittenen Gefässen, d. Quermuskellage, e. Längsmuskelschichte, f. Serosa.

in der Verdauung starben, mit Lymphe gefüllt sehen kann. Aus ihnen gehen die grösseren Stämmchen, welche schliesslich die Muskelschicht in der Gegend der Kurvaturen durchsetzen. Von Lymphdrüsen finden sich gesonderte Follikel, sogenannte linsenförmige Drüsen in unbestimmter Anzahl.

#### Nerveneinfluss auf die Magensekretion.

Zu den wichtigsten anatomischen Bestandtheilen des Magens sind die Lymphdrüsen zu rechnen. Es ist jedoch noch wenig gelungen, ihr Verhalten in der Magenschleimhaut zu den Absonderungszellen zu erkennen. Sie stammen von Vagus und Sympathicus und führen in ihrem Verlaufe zahlreiche, kleine Nerven (REMAK, MEISSNER, BILLROTH).

Ebenfalls wenig ist über die Wirkungen der sekretorischen Nerven bekannt. Man kennt noch nicht mit Sicherheit die Bahnen, auf denen der Erregungszustand den Magendrüsen zugeleitet wird.

Der Erregungszustand des Magens geht aber, wie sich trotz dieser Unklarheit behaupten lässt, stets von nervösen Einflüssen aus. Wie alle Drüsen secerniren auch die Magendrüsen nur auf nachweisbare Reizung. Es sind vornehmlich die sensiblen, chemischen Reizungen der Magenschleimhaut hervorgerufen, welche verschluckte Stoffe, vor allem durch Gewürze, oder durch mechanische Reize der blossliegenden Magenschleimhaut mit einer Federfahne oder einem Glasstabe wie dieses bei Magen fisteln leicht ausführbar ist, auf sekretorische Faserreflexe in Ganglienzellen, vielleicht in der Magenschleimhaut selbst, übertragen werden. Verschluckter Speichel reicht schon hin, die Magenwand zu reizen, in hohem Maasse anzuregen, und gewiss liegt in dieser die Magenwand reigende Eigenschaft eine zweite Hauptaufgabe der Speichelsekretion, welche an Wichtigkeit der Stärkeverdauung wenig nachgibt. Die Magensekretion ist unabhängig davon, ob die zum Magen tretenden Nerven, z. B. der Vagus, durchschnitten sind oder nicht.

#### Das Sekret des Magens.

Im nüchternen Magen findet sich eine schleimige, sehr schwach saure oder selbst alkalisch reagirende Flüssigkeit. Dieser Magenschleim besteht ausser dem strukturlosen Schleime eine grosse Anzahl halbzerrfallener Zellen von dem Epithel des Magens und der Schleimdrüsen.

Wenn die Magenschleimhaut irgendwie sensibel gereizt wird, tritt eine stark saure Reaktion der Magenflüssigkeit auf. Bei mechanischer Reizung einer vorher trockenen Schleimhautstelle durch eine Fistel z. B. sieht man kleine Tröpfchen, die sich dann zu grösseren Tropfen vereinigen, der saure Saft aus den Drüsenöffnungen hervortreten.

In neuester Zeit ist die Veränderung der Magendrüsen während der Sekretionsthätigkeit Gegenstand eingehender Untersuchungen. F. E. SCHLIZ fand in den Magenschleimdrüsen offene Cylinderzellen. Man glaubt (W. EASTEIN) dass bei der Sekretion der Drüsenzellen selbst bersten und ihren schleimigen Inhalt abgeben. Im Hungerzustand



asma der Labzellen nur leicht granulirt (HEIDENHAIN), während die reich-  
kleineren Drüsenzellen des Drüsenkörpers (Hauptzellen) dunkelkörnig  
sind. Bei verdauendem Magen erscheinen zuerst die Labdrüsen besonders  
und in dem Breitendurchmesser vergrößert. Die Hauptzellen erscheinen  
stark geschwellt und durch feinkörnige Masse getrübt. Diese Zellen färben  
sich mit Karmin, was sie im ruhenden Zustande der Drüse nicht thun, und  
nach meinen Beobachtungen über die Ursache der Färbung mit Karmin nur  
von chemischen Veränderung des Zellinhaltes und zwar auf dem Eintreten  
einer Reaction beruhen kann. Die Labzellen, welche sich auch in der  
ruhenden Drüse färben, sonach auch dort Säure enthalten und einen regen Stoff-  
wechsel besitzen müssen, sind in der arbeitenden Drüse ebenfalls stark ver-  
ändert. Abgestossene Zellen oder Theilungen, welche auf eine Neuproduktion  
deuten würden, wurden nicht beobachtet. In den späteren Ver-  
stunden schwellen Drüsen und Drüsenzellen wieder ab, die Hauptzellen  
behaupten sich sehr, behalten aber noch ihre Tinktionsfähigkeit bei (HEIDEN-  
HAIN).

Die Ausscheidung lässt also auch hier den oben bei den Speicheldrüsen  
dargestellten Vorgang bei der Drüsensekretion annehmen. Durch die  
Einwirkung werden zunächst chemische Umgestaltungen (Säurebildung) im  
Plasma der Drüsenzelle erzeugt. Diese kann nun Flüssigkeiten in sich und  
in umspülenden Parenchymsäften aufnehmen, sie schwillt an, durch »Kon-  
traktion« des Protoplasmas wird die aufgenommene Flüssigkeit mit der »Ladung«  
der Drüsenzelle, d. h. mit dem spezifischen Sekret derselben ausgepresst (cf. oben  
S. 246). Offenbar sind kleine und grosse Zellen der Labdrüsen gemeinschaftlich  
an der Bildung des Sekrets beschäftigt, ob sie verschiedene Aufgaben haben, ist  
fraglich. HEIDENHAIN glaubt annehmen zu dürfen, dass das Pepsin in den  
Hauptzellen entstehe, jedenfalls entsteht auch in den Labzellen Säure.

Reiner Magensaft kann aus Magen fisteln gewonnen werden. Einige Male  
sind solche bei Menschen von sonst vollkommener Gesundheit beobach-  
tet worden, sodass man eine normale Funktionirung der Magenschleimhaut  
setzen konnte. Bei Thieren gelingt es leicht ohne weitere Störungen der  
Funktion Magen fisteln künstlich anzulegen und durch eingetheilte, mit  
Kork verschliessbare Röhren offen zu erhalten.

Durch mechanische Reizung der Schleimhaut während des Hungers kann man  
aus solchen Fisteln Magensaft gewinnen, der nur mit etwas Magenschleim viel-  
leicht auch mit mehr oder weniger Speichel vermischt ist. Um letzteren ab-  
zuweilen muss die Speiseröhre während der Magensaftgewinnung verschlossen  
werden, was selbstverständlich nur bei Thieren ausführbar ist.

Der so gewonnene Magensaft zeigt bei allen Thieren und bei dem Menschen  
auffallende Uebereinstimmung. Stets ist er wenig konzentriert, sodass sein  
spezifisches Gewicht von dem des Wassers sich kaum unterscheidet. Er hat einen  
charakteristischen »sauer«en, faden Geruch und Geschmack. Die Säure des Magen-  
saftes röthet blaues Lackmuspapier nachhaltig, sodass sie also keine flüchtige sein  
kann. Die saure Beschaffenheit rührt von freier Salzsäure her wie PROUT und  
sichersten C. SCHMIDT nachgewiesen haben. Doch ist die Menge der freien  
Säure gering, immerhin lässt sich aber zeigen, dass sie manche nur in Säuren  
auflösbare Körper z. B. kohlensauerer Kalk auflöst und aus ihm Kohlensäure ent-  
wickelt.



Die Menge der im Magensaft enthaltenen freien Salzsäure ist sehr verschieden. Die Untersuchungen des menschlichen Magensaftes (SCHMIDT) ergaben: Speichel und Wasser etwas verdünntem Saft nur 0,02%; beim Hund sich mehr: 0,3%, beim Schafe: 0,12%.

Im reinen Saft scheint die saure Reaktion nur auf der Anwesenheit der Salzsäure zu beruhen. Während der Verdauung bilden sich aber durch die Zersetzung der Speisen im Magen auch noch andre Säuren organischer Zusammensetzung: Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, die sich dann ebenfalls an der Hervorbringung der sauren Eigenschaft des Saftes betheiligen.

Ausser der genannten Säure enthält der Magensaft das Pepsin, das Magenferment, auf dessen Vorhandensein die Wirkungsfähigkeit des Saftes beruht. Seine Einwirkung erstreckt sich einzig auf die Eiweissstoffe, die das zergliedernde Gewebe, die im Magen in Modifikationen, Peptone übergeführt werden, in denen sie der Aufsaugung durch Magen- und Darmschleimhaut zugänglich sein können.

Man ist im Stande dieses wirksame Princip des Magensaftes aus der Darmschleimhaut frisch geschlachteter Thiere darzustellen, sodass es noch seine verdauenden Wirkungen besitzt und diese auch ausserhalb des lebenden Magens bei der Temperatur desselben entfaltet. Jede mit Salzsäure schwach angesäuerte Flüssigkeit, die auch nur eine geringe Menge des Pepsins enthält, verleiht einer flockigen reinen Blutfibrins in die Probenflüssigkeit bringt; bei einer Temperatur von 20—35°C. wird sich dieselbe, wenn der gesuchte Stoff vorhanden ist, nach kurzer Zeit nach vorläufigem Aufquellen zu einer opalescirenden Flüssigkeit gelöst. Diese Pepsinprobe BRÜCKE's. Auf analoge Weise kann man auch die Menge des Pepsins in einer Flüssigkeit schätzen.

Geringe Mengen von Pepsin finden sich, wie es scheint, auch in den Drüsen des Magenschleimdrüsen; doch ist, wie viele Versuche ergeben, die verdauende Wirkung des eigentlichen Magenschleims nur eine geringe und schwankende. Man hat den Magenschleim, dessen relative Unwirksamkeit seit WASMANN, dem Entdecker desselben, von allen Experimentatoren bestätigt wurde, keine verdauenden Wirkungen zeigen. Nach den Versuchen HEIDENHAIN's mit ERSTEIN scheint diese Annahme modificirt werden zu müssen. Doch muss daran erinnert werden, dass man, vielleicht weil der Magensaft im Darm wieder aufgesaugt wird, in verschiedenen Körperflüssigkeiten Pepsin in geringer Menge findet, z. B. im Parenchymsaft der Muskeln, im Harn (BRÜCKE).

### Physiologische Wirkung des Pepsins.

Man kann sich aus einem schwach angesäuerten Wasserextrakte der Magenwand einen künstlichen Magensaft herstellen und mit demselben bei der obigen Temperatur die Wirkungen der Magenverdauung im Brutraume ausserhalb des Magens vollkommen nachahmen.

Die Wirkung des Magensaftes auf die Eiweisskörper besteht darin, dass er die Eiweisskörper in die sogenannten Peptone zerlegt, welche sich in physikalische Eigenschaften von den Eiweisskörpern bedeutend, dagegen gar nicht durch ihre elementare Zusammensetzung von den Eiweisskörpern unterscheiden, aus denen sie entstanden sind. Nach THOMAS' Analysen ist die Zusammensetzung des Eiweisses und des daraus durch anhaltendes Kochen gebildeten

	Eiweiss	Pepton
C	54,37	54,37
H	7,13	7,25
N	16,00	16,18
S	2,12	2,12
O	23,38	23,44

Einwirkung des Pepsins erfordert die Anwesenheit einer freien Säure, welche aus Albuminaten die in Säuren lösliche Modifikation Parapepton oder Syntonin = Acidalbumin bildet. Weder Pepsin allein noch Salzsäure allein sind im Stande, die Veränderungen einzubringen, auf denen die Verdauung beruht.

Säure gegenüber verhalten sich die verschiedenen Eiweissstoffe etwas verschieden, je in Beziehung auf die Zeit, welche sie zur Lösung erfordern. Blutfibrin quillt in Salzsäure zuerst auf, um sich dann sehr langsam zu lösen, während die Eiweissstoffe meistens von derselben Säure sehr leicht aufgelöst werden. Die Eiweissstoffe sind dann peptonisirt worden, welches zwar in verdünnten Säuren, nicht aber in Wasser löslich ist. Neutralisirt man die Säure mit einem Alkali, so fällt der gelöste Eiweissstoff gallertig aus.

Unter der Einwirkung des Magensaftes entsteht zuerst aus allen Eiweissstoffen eine dem Syntonin in dieser Eigenschaft vollkommen analoge Lösung. Auch die in Wasser gelöst aufgenommenen Eiweissstoffe, wie rohes Hühnereiweiss werden zuerst in die diesen syntoninähnlichen Stoff übergeführt. Bei dem Casein der Milch tritt anfänglich im Magen durch eine dem reinen Pepsin noch der Salzsäure allein zukommende Wirkung eine Gerinnung ein, bei der Kasebereitung verworfen wird, bei der mit einem Stückchen getrocknetem Casein im Labmagen das Casein gefällt zu werden pflegt. Im Magen unterliegt erst das geronnene Casein der verdauenden Wirkung.

Unter der Säurewirkung bleibt die Verdauung der Eiweisskörper im Magen nicht stehen; sondern aus den Albuminaten leicht diffundirbare Modifikationen, Peptone gebildet.

Entstehen, nachdem der Magensaft längere Zeit eingewirkt hat. Mit der Veränderung der physikalischen Eigenschaften haben die Eiweisskörper als Peptone auch eine Reihe von charakteristischen, chemischen Erkennungszeichen verloren.

Nach dieser Veränderung, die sie erlitten haben, erscheinen die Peptone noch als vollständige Eiweisskörper. Cf. Kap. II. S. 64.

Unter der Einwirkung des Magensaftes wird auch das leimgebende Gewebe gelöst zunächst unter Bildung von Leim, der dann in Leimpepton übergeht, das eine nicht mehr gelatinisirende Lösung

gibt, scheint, dass bei dieser letztgenannten Lösung vor allem die Säure des Magensaftes am wirksamsten ist, von der wir wissen, dass sie allein für sich die thierischen Gewebe: Knochen, Sehnen etc. zu Knochen- oder Knorpelleim auflöst. Unter Mitwirkung des Pepsins verläuft jedoch die Auflösung rascher zu verlaufen als ohne dasselbe. Der Leim verliert in verdünnter Säure endlich seine Fähigkeit zu gelatinisiren; auch diese Umwandlung seiner Eigenschaften scheint im Magensaft unter Mitwirkung des Pepsins rascher zu verlaufen.

Um sich die Wirkungsweise des Pepsins auf die Albuminate verständlicher zu machen, kann man es mit den Fermenten vergleichen, deren eigenthümliche Wirkung darin besteht, eine bestimmte Menge derselben eine Umwandlung in einer unbegrenzt grossen Menge unlöslichen Stoffes hervorzubringen vermag. Bei der historischen Betrachtung wird die alte Hypothese C. Schreiber's Erwähnung finden. Sehr beachtenswerth ist die Beobachtung von GORUP-BESANZ, dass die Albuminate durch Ozon in peptonähnliche Körper übergeführt werden, da auch andere Beobachtungen darauf hindeuten scheinen, dass wir Ozonträger als Ozonträger zu betrachten haben. Nach dieser Richtung ist auch die Beobachtung MEISSNER's verständlich, der bei Faulniss peptonähnliche Substanzen entstehen sah. Er hat früher die Menge von Eiweiss zu bestimmen versucht, welche durch eine bestimmte Menge von Pepsin gelöst werden könnte. Die Resultate waren sehr wenig überein-



stimmend. Es zeigt sich nun bei den künstlichen Verdauungsversuchen, dass eine gewisse Menge von Eiweissstoffen von der Verdauungsflüssigkeit gelöst wurde, die Fähigkeit verschwindet; neu zugesetzte Mengen werden nicht mehr verändert. In der Verdauung kehrt dem Gemische aber sogleich zurück, wenn man einen Theil von Wasser resp. verdünnter Salzsäure macht. Wenn auch in dieser Verdünnung die Peptonbildung aufhört, so kann sie wieder durch Verdünnung der Lösung fortgesetzt werden. Das Pepsin wird also bei der Verdauung nicht zerstört. Die geringe Concentration der Lösung an Peptonen hindert die Verdauung, ähnlich wie die Verdünnung durch das entstandene Gährungsprodukt (Alkohol, Milchsäure etc.) unterbrochen wird.

Selbstverständlich wird durch die Verdünnung die Wirksamkeit des Pepsins herabgesetzt. Würden wir, wie dieses im lebenden Magen der Fall ist, durch Diffusion die leicht durch Membranen hindurch tretenden Peptone sogleich von den noch zu verdauenden Eiweisskörpern trennen, so könnte die Pepsinwirkung vielleicht unbegrenzt derselben stets mit gleichbleibender Geschwindigkeit auflösen.

Dieselben Stoffe und Einwirkungen, welche die übrigen Fermentwirkungen zerstören, haben den gleichen Erfolg auch für das Pepsin.

Koncentrirte Säuren, Metallsalze, starker Alkohol, Kochen heben die Wirksamkeit des Pepsins auf, ebenso Alkalien.

Sind die zugesetzten Säuren jedoch nicht zu sehr concentrirt, so lässt sich die Wirkung durch theilweise Neutralisation wieder herstellen, ebenso bei Alkalien.

HOPPE-SEYLER und SEVERY behaupten, dass manche Gährungen und Fäulnisse durch Magensaft verhindert werden, wie das schon von den alten Physiologen gelehrt wurde.

Das Pepsin wird in dem Drüsenkörper gebildet. Die zu seiner Thätigkeit nöthige Saure tritt erst an der Oberfläche des Magens auf. Im Grunde reagirt der Magensaft alkalisch; das Pepsin kann also dort nicht zur Wirksamkeit kommen: auch dafür zu sprechen, dass die Labzellen, die grossen «Belagzellen» Henle'schen Drüsenhals überwiegen, die Saure liefern.

### Entstehung der Säure des Magensaftes.

Ueber den Ursprung der beiden wirksamen Stoffe: Pepsin und Salzsäure im Magen, weiss man nichts Sicheres.

MULDER hat nachgewiesen, dass im Seewasser unter der Einwirkung organischer Stoffe aus den Verbindungen der Erdalkalien mit Chlor besonders aus Chlorcalcium und magnesium freie Salzsäure entstehen kann. In dieser Hinsicht wird der Aschgehalt des Magensaftes wichtig. Wir finden in ihm in reichlicher Menge Chlorverbindungen von Natrium, Kalium und alkalischen Erden.

Da vom Hunde ganz reiner Magensaft von C. SCHWIDT untersucht wurde, so mag folgendes Beispiel der Stoffmischung des Magensekretes gelten:

#### Speichelfreier Magensaft des Hundes (Mittel aus 10 Analysen)

	in 1000 Theilen
Wasser . . . . .	973,062
fester Rückstand . . . . .	36,938
Pepsin und Pepton . . . . .	17,127
freie Salzsäure . . . . .	3,050
Chlorkalium . . . . .	1,125
Chlornatrium . . . . .	2,507
Chlorcalcium . . . . .	0,624



Chlorammonium . . . . .	0,468
Phosphorsaurer Kalk . . .	1,729
Phosphorsauere Magnesia .	0,226
Phosphorsaures Eisen . . .	0,082

chemischen Analysen des Magensaftes des Menschen geben, abgesehen von der Ver-  
gung und Speichelverunreinigung ein ganz analoges Resultat. Nach Schmitt findet sich  
an Chlorammonium.

Beobachtung MÜLLER's macht es möglich, eine chemische Hypothese der Entstehung  
aufzustellen, ohne dass wir auf das dunkle Gebiet elektrolytischer Vorgänge rekur-  
ren, an die man seit alter Zeit hier vielfältig gedacht hat, ohne dass man im Stande  
war, einen Beweis für ihr Wirksamwerden beizubringen.

### Ueber Selbstverdauung des Magens.

Man hat oftmals die Frage aufgeworfen, warum sich der Magen während des Lebens  
selbst verdaue.

Die Frage muss nach den neueren Erfahrungen ganz anders gestellt werden.

Wie das Leben und mit ihm die Blutzirkulation erloschen ist, sehen wir, wenn eine  
Lösung von Magensaft noch vor dem Tode statthatte, den Magen in lebhafter Selbst-  
verdauung begriffen. Es wird dann die ganze Dicke der Schleimhaut, ja alle Magenhaute  
des Magens wird brüchig und gibt ein Sektionsbild, das besonders bei Kindern, bei  
den Magen öfter noch als bei Erwachsenen in den letzten Lebensmomenten verdaut,  
Entstehung der Krankheit der akuten Magenerweichung geführt hat.

Der auch während des Lebens findet, soweit die Bedingungen dazu gegeben sind, eine  
fortwährende Selbstverdauung statt.

Nur die Magenoberfläche sauer reagirt, so kann im Drüsengrunde keine Selbstver-  
dauerung eintreten, das dort vorhandene Pepsin kommt nicht in Aktion. Hingegen wird das  
an der Magenoberfläche in geringem Grade selbst gelöst. Nicht nur die zahlreichen  
Grundimente im Magensaft, sondern auch die stets in ihm vorhandenen Peptone, welche  
die Selbstverdauung hervorgegangen sein können, sprechen hierfür beweisend. Der  
Grund, warum die Selbstverdauung im Leben in so enge Grenzen eingeschlossen ist, liegt  
in der vollständigen Neutralisation der zur Verdauung nöthigen Säure durch die alkalischen  
Flüssigkeiten, vor allem durch das Blut. Sowie der Nachschub des letzteren aufhört,  
wird die Selbstverdauung in gesteigertem Maasse. Pavy hat einzelne Arterien des Magens  
binden. An den Stellen, welche in Folge der Operation nicht mehr vor der Magen-  
erweichung geschützt waren, trat akute Magenerweichung (durchbrechende Magen-  
erweichung) ein.

### Hülfsvorgänge der Magenverdauung. Chymus.

Neben der Verdauung im lebenden Magen kommen ausser denen, die bisher  
erwähnt worden, noch einige unterstützende Momente in Betracht.

Vor allem die beständige Bewegung, in welcher die in den Magen hinab-  
gefallenen Speisen durch die regelmässigen Kontraktionen der Magenwände  
bewegt werden, welche sie an immer neuen Schleimhautstellen vorüberführt  
durch mechanische Reizung Gelegenheit zur reichlichen Absonderung des  
Magensaftes giebt, wirkt äusserst förderlich. Wir können bei künstlichen Verdauungs-  
versuchen mit künstlichem Magensaft in Gläsern im Brutraume durch oftmaliges  
Umrühren der Verdauungsmischung die Lösung der Eiweisssubstanzen sehr be-  
schleunigen. In der Umgebung der Eiweissstückchen ist, so lange die Mischung ruhig

steht, natürlich die Konzentration der Flüssigkeit an schon entstandenes am grössten, der Verdauungsvorgang wird dadurch, wie wir gesehen haben, einträchtigt. Nach gleichmässiger Mischung geht dann die Einwirkung des Magensaftes wieder rascher vor sich. Die Bewegung des Verdauungsgemisches im Magen hat danach den gleichen Effekt, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, wie die im Magen schon stattfindende Resorption der Peptone, welche die Anhäufung derselben hindert.

Auch die Anwesenheit des mit der Nahrung verschluckten Speichels hat eine weittragende Bedeutung.

Einestheils sehen wir seine Funktion in einer starken Anregung der Verdauung der Magenschleimhaut bestehen, anderentheils geht auch seine Einwirkung auf das Stärkemehl im Magen fort; es findet auch im Magen eine fortwährende Bildung von Zucker statt, da die saure Reaktion des Saftes bei dem Mangel an Speichelfermenten wohl nur in den seltensten Fällen so stark werden kann, um die Wirkung des Speichelfermentes: des Ptyalin's gänzlich aufzuheben.

Im Magen wird Rohrzucker in Traubenzucker übergeführt; man vergleiche (HORPE-SEYLER), dass hier vor allem der Magenschleim wirksam wird.

Ausserdem werden lösliche, im Speichel noch nicht gelöste Stoffe, z. B. Salze, im Magensaft in Lösung übergeführt. Die freie Säure vermag auch unlösliche zu lösen, z. B. kohlensauere und phosphorsauere Erden, die in Wasser unlöslich sind. Für die einfache Lösung kommt die abgesonderte Magensaftmenge vor allem in Betracht. Man darf sich dieselbe nicht zu klein vorstellen. Berechnungen von BIDDER und SCHMIDT und v. GRÜNEWALDT betragen die in den möglicherweise abgesonderte Menge 16—30 Pfund (?). Es ist klar, dass diese Zahlen für den Einzelfall keine Geltung haben, doch geben sie ein Bild im Allgemeinen, worauf es uns hier vor Allem ankommt.

Wenn die Speisen aus dem Munde in den Magen hinabkommen, werden sie mehr oder weniger zerkleinert, gemischt, mit Speichel durchtränkt und die Einführung der genossenen Stärke in Dextrin und Zucker hat schon begonnen. Die Reaktion der Masse ist durch den Speichel in den meisten Fällen alkalisch.

Im Magen wird die Reaktion der Speisemasse in eine saure umgewandelt, in so grossen Mengen abgesonderte Magensaft verdünnt die Masse und bildet aus ihr den Speisebrei oder Chymus. Durch die Einwirkung des Magensaftes verflüssigen sich die Eiweissstoffe; das Bindegewebe, viele Hüllen der Zellen etc. lösen sich. Das Fett wird von der Einwirkung des Magensaftes betroffen.

Der Chymus enthält von den aufgenommenen Eiweissstoffen einen Theil ganz unverändert; ein anderer grosser Theil ist in die in verdünnten Stoffe übergeführte Modifikation (Syntonin, Paralbumin) übergeführt. Bei einem dritten Theil ist die Veränderung schon bis zur Bildung des eigentlichen Peptons fortgeschritten. Von ihm finden sich in dem Chymus stets nur sehr geringe Mengen, welche wohl schon im Magen grösstentheils resorbiert wird. Dasselbe gilt von dem aus der aufgenommenen Stärke gebildeten Dextrin, welches der sich aus der aufgenommenen Stärke bildet. Auch von letzterem geht noch unverdaut aus dem Magen in den Darm über.

Die Untersuchungen von M. SCHIFF haben für die Wirkung des Stärkemehls im Chymus einen neuen Gesichtspunkt eröffnet. Es zeigt sich, dass das aus dem Stärkemehl neben dem Zucker bei der Verdauung entstehende Dextrin für die Geschwindigkeit



Die Magenverdauung von Bedeutung ist. SCHIFF behauptet, dass unter der Einwirkung des Dextrins im Magen oder Blute sich die Schleimbaut des Magens mit Pepsin bildet. Versuche, auf welche SCHIFF seine Ansicht stützt, beweisen, wie es scheint, dass wirklich die Magenverdauung bei Anwesenheit des Dextrins energischer vor sich geht, als ohne dasselbe. Es scheint aber vor allem die Säurebildung nicht die Pepsinbildung zu sein, welche durch das Dextrin befördert wird. Vielleicht wird das Dextrin selbst in Milchsäure umgewandelt, wie wir ja auch sonst oft an dem Verdauungsvorgang betheiligt sehen.

### Magengase.

Die Verdauungsvorgänge im Magen wichtige Rolle spielt im Chymus. Speichel in reicher Menge verschluckte Luft. LIEBIG hat zuerst darauf hingewiesen, dass sie nicht ohne Wirkung bleiben könne bei den im Magen vorgehenden chemischen Umsetzungen.

ROBERT und MAGENDIE fanden die Magengase eines gesunden Menschen (er) kurz nach dem Tode zusammengesetzt:

O	44,00
CO <sub>2</sub>	44,00
N	71,45
H	3,55

Die Magengase von Hunden, welche PLANER untersuchte, zeigen stets einen hohen Gehalt von Sauerstoff und einen sehr bedeutenden Gehalt an Kohlensäure.

Ein Hund, welcher 4 Tage mit Hülsenfrüchten gefüttert war, zeigte nach dem Fressen die Magengase bestehend aus:

32,91	CO <sub>2</sub>
66,30	N
0,79	O.

Die im Magen verschluckte Luft hatte selbstverständlich die normale Zusammensetzung. Wir können aus der gefundenen Stickstoffmenge auf die Menge der verschluckten Luft rechnen, wenn wir annehmen, dass Stickstoff in dem Körper soviel wie gar nicht diffundirt, weil alle Gewebe ihre der Luft entsprechende Stickstoffmenge schon aufgenommen haben. Die so bestimmte Menge ergibt, dass für je ein Volum verschwundenen Sauerstoffs 1,5 Volum Kohlensäure in dem Magen des Hundes vorhanden sind.

Die Luft im Magen wird also in der gleichen Weise verändert wie in der Lunge mit den feuchten, von Blut durchtränkten Membranen des Magens in Berührung kommende Sauerstoff wird von dem Blute absorbirt und an seine Stelle Kohlensäure aus dem Blute. Vielleicht wird auch durch die Säure des Magens die Kohlensäure aus dem Blute ausgetrieben, da die Kohlensäuremenge in der Lunge eine so bedeutende ist. Bei dem Menschen ist diese Magen- gegen die Lungen- und Hautathmung nur ein sehr untergeordneter

### Hygieinische Betrachtungen. — Verdaulichkeit.

Da man den Magen für das Centralorgan der Verdauung hielt, schien es leicht möglich, durch Beobachtung an Magen fisteln über die Verdaulichkeit der einzelnen Nahrungs-



stoffe und ihrer Gemische zu entscheidenden Resultaten zu kommen. Man glaubte dazu nur nothwendig, zu sehen, wie lange in den Magen eingebrachte Stoffe verweilen, bis sie in den Darm abgeschieden wurden. Es sind derartige Versuche von BRAUMONT in grosser Anzahl am Menschen gemacht worden. Er fand, dass seines mit einer Magenfistel behafteten canadischen Jägers nach dem Essen der Magen geleert war.

Seitdem wir wissen, dass im Magen nur ein Theil der verdauenden Wirkung kommt, welche im ganzen Darmkanale die Speisen erfahren, dass ein grosser Theil der genossenen Speisen ganz unverändert aus dem Magen in den Darm übertritt, wird wir von solchen ausschliesslich am Magen angestellten Versuchen keinen Aufschluss über die Verdaulichkeit selbst mehr erwarten, doch sind die Resultate immerhin immerhin sie manche Verdauungsverhältnisse erklären und für den Arzt Gesichtspunkte für die Wahl der Nahrungsmittel abgeben können. Kaldaunen und Schweinsfüsse, gekocht, schon nach 4 Stunde aus dem Magen seines Magenfistelmannes verschwunden, Wildpret nach  $4\frac{1}{2}$ , Brod und Milch nach 2, wilde Gans, junges Schwein nach  $2\frac{3}{4}$ — $3\frac{1}{2}$ , ebenso lang gebratenes Rindfleisch, gekochtes aber  $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ , das frische, gebratene Schweinefleisch, geräucherter Rindfleisch bedurfte im Magen geräucherter Schweinefleisch 6 Stunden, Kalbfleisch bis  $5\frac{1}{2}$ , ebenso harte Enten- und Gänsefleisch bis  $4\frac{1}{2}$  Stunden.

Es ist ein vielfältig geltendes Vorurtheil, dass rohe Eier eine besonders leicht verdauliche Speise seien. Kein fester Eiweisskörper widersteht jedoch der Einwirkung des Magensaftes bis zu einer Ueberführung in Parapepton und Pepton so lange wie ungeronnenes Eiweiss, sodass es geradezu als der schwerst verdauliche Eiweisskörper gelten kann.

Der Umstand, dass das Casein in der Milch gelöst in den Magen gelangt, kann nicht die Meinung verleiten, dass wir hier eine besonders leicht verdauliche Eiweissart vor uns hätten. Es darf nicht vergessen werden, dass im Magen aller Käsestoff rasch in die lösliche Modification übergeführt wird. So wird es verständlich, weshalb die Milch ein schwer verdauliches Nahrungsmittel sein kann.

Im Allgemeinen werden die Albuminate durch übermässiges Hartkochen widerstandsfähiger (DONDER). Vom Fleische scheint stets ein Rest ungelöst zu bleiben, und zwar eine klebrige Substanz, die um so schwerer sich löst, je weniger sie in Leim verwandelt ist. Auch Stärkemehl widersteht den verdauenden Wirkungen um so länger, je mehr Hitze darauf eingewirkt hat, die Cellulose je älter sie ist. Alle Cellulose, Hüllhäute, stielartige Fasern widerstehen der Auflösung beharrlich.

Je feiner der Körper zertheilt (gekaut z. B.) ist, desto leichter wird er von Verdauungssäften angegriffen; grössere Stücke können den Darm unverdaut passieren. Käse, Fleisch, Wurzelstückchen etc. In gutgegangenes, besonders althackenes Fleisch, in welchem sich die Verdauungsflüssigkeiten (Speichel) rasch und reichlich ein, während sie sich leicht klumpig zusammenballt. Eine grössere Fettmenge hindert die Verdauung, fettreiche Gemische nicht so leicht von den Verdauungssäften durchtränkt werden.

Die meisten Substanzen werden von den kindlichen Verdauungsorganen so vollkommen gelöst wie von denen Erwachsener; hierher gehört besonders die Milch. Gegen vertragen Kinder Milch meist besser als Erwachsene. Ein Magen, der an eine leicht verdauliche Nahrung gewöhnt ist, kann oft leichtverdauliche weniger gut bewältigen, wenn ihm die Magenschleimhaut nicht genügend reizen zur Magensaftabsonderung.

Bei gewissen Magenkrankungen scheint die Pepsinbildung abzunehmen. Bei Hunger, Ernährungsstörungen und Hunger, Blutungen, bei welchen alle Sekrethildung sehr herabgedrückt wird. Da die Verdauungsfähigkeit des Magensaftes mit der Menge des Pepsins zunimmt, so ist die therapeutische Darreichung von Pepsin in den angegebenen Fällen gerechtfertigt. Das «französische Pepsin» ist ein milchsaurehaltiges Gemisch aus Pepsin und Stärke. Das französische Pepsin wird im Grossen durch Fällung des Magensaftes, des kalten Wasserauszugs der Labdrüsenhaut des Magens, in

gerem Blei, Zerlegen des gewaschenen Niederschlags mit Schwefelwasserstoff und dem Eindampfen des mit Milchsäure versetzten Filtrates vom Schwefelblei, unter das zur Syrupskonsistenz bereitet. Das braune Extrakt wird mit Stärke zu einem Pulver angerieben. Das Präparat ist ausserordentlich wirksam.

Unger ist eine vermehrte Säurebildung die Ursache von Verdauungsstörungen. In stark saueren Flüssigkeit kann das Pepsin nicht zur Wirksamkeit gelangen. So kann die Verdauung bei 40% Salzsäure ganz ausbleiben und beim Verdünnen der Säure beginnen, oder nach theilweiser Neutralisation durch Zusatz von Alkalien oder alkalischen Boden (z. B. gebrannter Magnesia). An einer derartigen allzustarken Säurebildung zeigen sich vor allem die milchsäureliefernden, zuckerhaltigen Stoffe, welche dem bei vielen Verdauungsstörungen zu vermeiden sind.

Die Anhäufung der Peptone in dem Magensaft die Wirksamkeit des Pepsins unterbricht man, warum so leicht nach grossen Mahlzeiten Verdauungsbeschwerden eintreten. Je mehr wir gleichzeitig auf einmal Fleisch geniessen, um so geringer wird pro Kopf die wirklich verdaute Menge. Während von reinem fettfreiem Fleische bei mehrerer Aufnahme sehr grosser Fleischmengen 95% wirklich verdaut werden können, bei Aufnahme derselben in einer Mahlzeit nur 88% aufgenommen, 12% gehen unverdaut als Koth ab (J. RANKE).

**Entwicklungsgeschichte der Magen- und Darmschleimhaut.** — Wie oben schon dargestellt liefert das embryonale Darmdrüsenblatt das Epithel, die Epithelzellen, aller Drüsen. Die eigentliche Schleimhaut, die Muscularis und Serosa gehen aber aus der äusseren Schichte hervor. Bei dem Magen zeigt sich das Epithel als eine getrennte Lage im vierten Monat (KÖLLIKER). In der siebenten bis achten Woche zeigen sich die ersten Zotten der Magendrüse, als zahlreiche solide Epithelialfortsätze, die in der dreizehnten Woche von oben her hohl werden. Im Dünn- und Dickdarm (?) entstehen die LIEBERKUHNSchen Drüsen von Anfang an als hohle Ausstülpungen des Epithels. Die BRUNNERSchen Drüsen erscheinen im fünften Monat und entwickeln sich wie die Schleimdrüsen der Lunge. Die PEYER'schen Drüsen erscheinen erst im sechsten Monat als Produktionen der Faserhaut. Sehr merkwürdig ist die Entwicklung der eigentlichen Schleimhaut aus der Faserhaut, die erst im fünften Monat beginnt. KÖLLIKER sah aus der inneren Oberfläche der Faserhaut des Magens ungemein viel cylindrische Zottchen hervorgewachsen, die nun zwischen die Drüsen hineinwuchern, von ihrer Basis her verschmelzen und so die Drüsen in ein zusammenhängendes Fächerwerk einschliessen, in welchem sich dann Blutgefässe entwickeln. Die Wucherungen der Faserhaut bilden auch die Schleimhaut und Zotten des Dünn- und Dickdarms, indem zu Herstellung der letzteren warzenförmige Auswüchse der Faserhaut die Epithelzellen verdrängen. Bei der Schleimhautbildung des Dickdarms beginnt die zottige Wucherung der Faserhaut im vierten Monat, im siebenten Monat ist ihre Verschmelzung, von der Basis ausgehend, vollendet.

**Vergleichende Anatomie und Physiologie der Magenverdauung.** — Das Nahrungsrohr der Säugethiere besteht wie die des Menschen aus Drüsenepithel mit Schleimhaut, Muskelhaut und Serosa (mit einem äusseren Epithel). Hier interessiert uns zunächst die Schleimhaut des Magens (LEYDIG). Sie ist gewöhnlich längsgefaltet, entbehrt aber, wenigstens im Labmagen, eigentlichen Zotten, nur die Magenabtheilungen der Wiederkäuer, die vor dem Labmagen liegen, besitzen meist mannichfach vorspringende, warzen- und blattartige Bildungen (s. caput). Das Epithel vom Magen und Darm ist im Allgemeinen Cylinderepithel. Im Labmagen sind die tieferen Schichten der Epithelzellen cylindrisch, die Oberflächenzellen rund. Bei Batrachiern, dann bei Rochen und Haien stimmt das Epithel während des Lebens, bei Amphioxus und Petromyzon (J. MÜLLER, LEYDIG) zeitweilig. Wo der Magen aus mehreren Schichten besteht (Wiederkäuer), beginnt das Cylinderepithel erst im Labmagen, während die vorhergehenden ein geschichtetes, verhorntes Plattenepithelium tragen wie der Mensch. Dasselbe findet sich wohl überall in der Portio cardiaca des Magens, wenn wie bei Mensch und Pferd eine deutliche Scheidung in diese und in eine Portio pylorica vorhanden



ist; letztere hat Cylinderepithel. Der Muskelmagen der Vögel hat auch Cylinderepithel (LEYDIG). Bindegewebe und sackartige Einstülpungen des Epithels bilden die Drüsen, die übrigens in der ganzen Schleimhaut des Nahrungsröhrs fehlen (z. B. bei *furcatus*, *Myxine*, *Cobitis fossilis*).

Von dieser drüsenlosen Schleimhaut ergeben sich dann die Uebergänge Säckchen bei den Batrachiern und beschuppten Reptilien, zu den Drüsen, die in der einfachen oder zusammengesetzten Schlauchform erkennen lassen. Diese Schläuche treten aber auch noch zu höheren Elementen zusammen. Im Muskelmagen der Vögel sind die schmalen schlauchförmigen Drüsen immer truppweise zusammen; im Drüsenmagen der Vögel werden grössere Gruppen solcher Schlauchdrüsen durch eine gemeinsame gewebige Hülle zu einem abgeschlossenen Paquet verbunden. Bei Säugethieren trennt sich der Magen in eine Portio pylorica und cardiaca ab, der letzteren, die für den linken Abschnitt, der dann gewöhnlich drüsenlos ist, eine eigene Schleimhautschicht «eigentlich zusammengesetzte Labdrüsen» (LEYDIG); an der Cardia liegen bei *Phascolumys*, *Pascularius* und *Castor*. Beim Siebenschläfer bilden sie eine Aussackung: Hypodæus, Lemmus, Lemmus (BAUER). Beim Biber besteht die grosse Magendrüse aus schlauchförmigen Labdrüsen, die in Gruppen geordnet in kavernöse Räume münden. Bei *Manatus australis* findet man eine blindsackartige Ausbuchtung «zusammengesetzte Magendrüsen», welche im Bild der einfachen Labdrüsen wiederholen. Grössere schlauchförmige Hohlorgane bei schwacher Vergrößerung wie mit Cylinderzellen besetzt, diese letzteren bei starker Vergrößerung jede in einen einfachen Drüsen Schlauch mit Epithel aus, der dem Lumen der einfachen Drüsen analog erscheint. Die Abbildung, welche LEYDIG von diesen Drüsen giebt, zeigt, dass die Drüsenmagen der Vögel und ihren vereinigten Drüsen (BISCHOFF) kein Sprung in der Form gemacht ist. Die sogenannten zusammengesetzten Magendrüsen der Säugethiere (Katze, Pferd, Hase, Kaninchen, Schwein etc. und Mensch) bilden die Uebergänge von den einfachen Schläuchen zu jenen Anordnungen im Vogelmagen, sodass allmählich die Uebergänge von der glatten, drüsenlosen Schleimhaut bis zu den entwickeltsten wahren zusammengesetzten Magendrüsen führen.

Bei Vögeln und Säugern finden sich die zweierlei Sekretionszellen in den Drüsen vor, die wir oben bei dem Menschen besprochen, cylindrische und rundliche, die sicher auf zweierlei Sekrete der Magenschleimhaut hindeuten. Bei den Säugern sind die Drüsen mit rundlichen Zellen (Labdrüsen) zumeist in der Cardialportion des Magens, die mit cylindrischen Zellen (Magenschleimdrüsen) meist im Pylorustheil. Bei den Vögeln besitzt der Proventriculus Labdrüsen, der Muskelmagen Drüsen mit Cylinderzellen. Auch bei Fischen und Amphibien eine solche Trennung herrscht, ist noch nicht festgestellt. Beim Stör und Polypterus fand LEYDIG nur Drüsen mit Cylinderzellen (Ueber die vergleichende Anatomie der Magenschleimhaut der Wirbellosen vgl. folgende Kapitel).

Von den Thieren, welche mehrere Magenabtheilungen haben, scheint bei den Säugern nur der Labmagen (Drüsenmagen) der Pepsin- und Säureabscheider. Die anderen Magen sind wie zunächst der Pansen Reservoirs der noch weit verschluckten Speisen, in denen sie vor allem unter der Einwirkung des bei der Verdauung in grösster Menge abgesonderten Speichels bei Körpertemperatur der Gährung unterliegen. Hier mag die Verdauung der Cellulose (Holzfaser) beginnen, welche den Wiederkäuern in reichlicher Masse zukommt. Auch bei den fleischfressenden Thieren kommt der mehrfache Magen vor, über deren physiologische Bedeutung man noch nicht viel weiß.

Ueber die quantitative Zusammensetzung des Magensaftes verschiedener Thiere mit dem Menschen haben wir von C. SCHMID genaue Untersuchungen; auch er findet sich die Zusammensetzung: in Procenten:



	Mensch (im Mittel)	Hund (im Mittel)	Schaf:	Pferd
	speichelhaltiger Magensaft:	speichelfrei: speichelhalt.:		(nach FREMICH):
	99,440	97,30	97,12	98,615
	0,560	2,70	2,88	1,385
Organische Stoffe	0,319	1,71	1,73	0,405
in	0,446	0,25	0,31	0,436
in	0,035	0,11	0,11	0,152
in	0,006	0,06	0,17	0,011
in	—	0,05	0,05	0,047
freie Salzsäure	0,20	0,31	0,23	0,123
querser Kalk		0,17	0,23	0,118
quere Magnesia	0,012	0,02	0,03	0,057
queres Eisenoxyd		0,01	0,01	0,033

den menschlichen Magensaft berechnet MARCET 0,2539/100 freie Salzsäure. LEHMAN fand in dem Magensaft (speichelhaltig) 0,098—0,132/100 Salzsäure, ausserdem 0,32—0,59/100.

Die Magensaftsekretion war durch Knochen angeregt, was in Betreff der Milchstige erscheint.

Historischen Entwicklung der Verdauungslehre. — 2. Die Magenverdauung. Es ist im Alterthum (HIPPOKRATES) die Magenverdauung mit einer Kochung zu vergleichen. Man kannte, dass die Speisen im Magen sich lösen, zu einem Brei verflüssigen. GALEN, dessen genaue Beschreibung des Magens liefert, sagt z. B. vom Pylorus, er werde Pförtner, weil er wie ein guter Thürhüter darüber wacht, dass nur der aufgelöste und gekochte Speisebrei durch seine enge Pforte hindurchgeht, während er, sobald Unverdautes oder Hartes ihm naht, die Oeffnung vor ihm zuschliesst und dasselbe in den Grund des Magens. Analog der Bearbeitung der Speisen in der Mundhöhle, so man auch an eine mechanische Zerreibung durch die Magenwände, wozu bei dem Menschen die mechanischen Einrichtungen fehlen. Die (chemische) Verdauung der Speisen stellte man sich später unter dem Bilde einer Gährung (FERMENTATION) vor, wobei die chemischen Bestandtheile der Speisen selbst auf einwirken sollten. HALLER nannte den Vorgang im Magen: Maceration. Auch an Gährungs Vorgänge (Putrefaktion) der Speisen wurde gedacht. Andere nahmen eine Leinwand Würmer an, welche die Speisen im Magen angriffen und zertheilten. REAUMUR führte 1752 den Beweis, dass der Magen eine Flüssigkeit absondere: den Magensaft, welcher auf die Speisen lösend einwirke. Seine und später SPALLANZI'S Versuche waren zunächst gegen die Theorie von den mechanischen Einflüssen des Magens auf die Verdauung gerichtet. Sie liessen Speisen, Fleisch, Brod, Knorpel etc., in durchlöchernten Röhren schlucken und beobachteten, dass diese Stoffe, auf welche kein Druck von den Magenwänden ausgeübt wurde, nicht weniger verdaut werden. REAUMUR und später SPALLANZI waren die ersten, welche mit natürlichem Magensaft ausserhalb des Magens Verdauungsexperimente anstellten. Sie verschafften sich den Magensaft ganz rational dadurch, dass sie kleine Stücke an Fäden befestigt verschlucken liessen, die den Magensaft einsaugten. SPALLANZI liess die Schwämme in dünne, metallene, durchlöchernte Röhren ein, die er durch Schlucken und nach einiger Zeit durch Erbrechen wieder entleeren liess. Magensaft suchte er dadurch zu erhalten, dass er bei nüchternem Magen mechanisch gereizt wurde. Früher pflegte man sich den Magensaft dadurch zu verschaffen, dass man mehrere Tage fasten liess und nach dem Schlachten den Mageninhalt untersuchte, welcher in der Regel dann in ziemlicher Masse vorhanden ist; nach MACQUART liefert ein Ochse etwa anderthalb Pfund, offenbar, obwohl sauer reagirend, der Hauptmasse Magensaft. Auch die anderen oben angeführten Methoden der Gewinnung konnten den Magensaft nur mit Schleim, Speichel etc. vermischt liefern, übrigens auch nur in geringer

Da man den Magen für das Universalverdauungsorgan hielt, so schrieb dem Magensaft die Eigenschaft zu, für die verschiedenen Nahrungsmittel Auflösungs- und Verdauungsmittel zu sein. So gab SPALLANZANI (1783) an, dass der Magensaft, der vegetabilischer Nahrung für sauer hielt, Auflösungs- und Verdauungsmittel für die Nahrung ausser als in dem Körper sei, dass er bei gewöhnlicher Temperatur nicht lasse Stoffe vor Faulniss bewahre und sie mit Hülfe von Wärme auflöse. CARMINATI (1785) den Unterschied in der Reaktion des Magensaftes (Magenschleim) und verdauender fleischfressender Thiere. Bei den ersteren fand er den Magensaft sauer, stark sauer bei den letzteren. Mit Recht bezeichnet BERZELIUS diese Reaktionen als den ersten Lichtstrahl in der Erforschung dieses Gegenstandes. Man würde es bedauern, wenn man glaubte, dass CARMINATI durch seine Beobachtung sogleich auf die Absonderung eines saueren Saftes im verdauenden Magen geführt worden wäre. CARMINATI suchte den Magensaft der fleischfressenden Thiere dadurch künstlich zu saueren, dass er 2 Quentchen frisches Kalbfleisch mit 4 Unze Brunnenwasser und 3 Gran einem Glas bei einer Temperatur von ungefähr 100° Fahr. = 37,7°C. 46 Stunden rührte, dann die Flüssigkeit abgoss, welche nun die Lakmuskur rothete. Dieser Magensaft (sic!) CARMINATI'S konnte durch wiederholtes Digeriren mit frischem Fleisch stärker und dem natürlichen noch ähnlicher gemacht werden. Wenn diese Beobachtung auch für die Erklärung des saueren Magensaftes von keiner Bedeutung ist, so ist doch die erste Angabe von der Veränderung der Reaktion des Fleischsaftes von sauer zur saueren bei der Temperatur des Körpers, eine Beobachtung, welche für die Nervenphysiologie von so entscheidender Bedeutung werden sollte. Uebrigens fand man den Magensaft kräuterfressender Thiere auch unter Umständen sauer. Erst WERNER, dass die Masse im Magen sowohl bei fleisch- als grasfressenden Thieren der Verdauung stets sauer sei. Noch einmal wurde im Jahre 1842 durch MORVEAU das Vermögen besass, willkürlich zu brechen, die Wirksamkeit des Magensaftes geleugnet, seine Sauerung für das Zeichen einer beginnenden Zersetzung erklärt. Im Jahre 1834 zeigte PROUT, dass der Magensaft wirklich sauer ist, und dass dieser Saft nicht von einer organischen, sondern von einer anorganischen Säure, nämlich von Salzsäure. MACQUART wollte bei Wiederkäuern (1786) freie Phosphorsäure im Magensaft gefunden haben; im Magensaft des Kalbes hatte er Milchsäure beobachtet. MORVEAU die Magensaftsaure als eine eigenthümliche organische Säure aufzufassen, verschaffte sich seinen Magensaft aus dem Magen verdauender Thiere. TIEDERMANNS hatten selbständig den Beweis geliefert, dass der Magensaft einen Gehalt an freier Salzsäure besitze, sobald Nahrungstoffe verschluckt worden sind. Nach TIEDERMANNS und GUELLIN Magensaft aus leerem Magen mit vielem Schleim vermischt, nicht sauer. Neben Salzsäure behaupteten sie im Magen des Pferdes auch Essigsäure und Buttersäure zu finden; BERZELIUS Milchsäure. TREVIRANUS glaubte zu finden, dass die Masse im Magen von Hühnern, mit Wasser vermischt und in einer Porzellanschale digerirt, derselben stark angriff. TIEDERMANNS und GUELLIN gelang es dagegen nicht, im Magen Ente die auch nach älteren Angaben vermuthete Fluorwasserstoffsäure nachzuweisen. Im Jahre 1834 musste noch BERZELIUS seine Beschreibung des Magensaftes mit dem Schluss beenden: »Man weiss durchaus nicht, ob die im nüchternen Zustand abgegebene saure Flüssigkeit von denselben Gefässen wie die saure während der Verdauung abgeleitet wird, oder ob sie von verschiedenen und für jede eigenthümlichen Gefässen abgeleitet wird, gleichwie z. B. der Schleim aus eigenen Drüsen abgesondert wird. Wenn man bis jetzt kein für die Absonderung des Magensaftes eigenthümliches Organ entdecken konnte.«

MAGENHE, an der Grenze der Neuzeit (1820), sagt ähnlich bescheiden über die Verdauungs-Hypothesen: »Die Beschaffenheit der chemischen Veränderungen, welche Speisen im Magen erleiden, ist unbekannt. Wenn man auf diese bis zu jener Zeit (1820) Systeme die strenge Logik, welche von jetzt an in der Physiologie be-  
 6



det, so kann man in denselben nichts finden, als eine Folge des Bedürfnisses, welches das Geschlecht hat, seiner Einbildungskraft zu genügen, und sich über Gegenstände, welche unbekannt sind, zu täuschen. War man denn wirklich um Vieles weiter gekommen, als gesagt hatte, die Verdauung sei eine Kochung, eine Gährung, eine Maceration? Denn man verband keine bestimmten Begriffe mit den Worten.»

Es scheint mir, dass wir uns heute noch eine berechtigte Lehre aus diesen Worten des alten Physiologen ziehen dürfen.

Die schon erwähnte Meinung von einer Betheiligung vitaler Kräfte, von Organismen ausser bei der Verdauung ist erst neuerdings wieder in der oben angeführten Meinung aufgetaucht, dass Pilze die »Fermente« auch bei der Verdauung seien, wie man sie als »Fermente« der sogenannten »Gährungen« anspricht.

Wir sehen die Erkenntnisse über die Vorgänge im Magen von den dreissiger Jahren des Jahrhunderts an eine rasche Entwicklung nehmen.

Die Wichtigste, was neu gewonnen wurde, war unstreitig die Erkenntniss der Absonderungsorgane des Magensaftes. Früher hatte man wohl die kleinen mit blossen Auge wahrnehmbaren Grübchen als Drüsen betrachtet. MAGENDIE behauptete, dass man in der inneren Hälfte des Magens eine grosse Anzahl von »Schleimbälgen« bemerke, denen ein Einfluss auf die Menge und Beschaffenheit der daselbst abgesonderten Flüssigkeit zuzurechen werden könnte. Im Jahre 1836 wurde nachgewiesen (SPROTT, BOYD), dass in der oben genannten Magenröhre eine Anzahl verschiedener Drüsenröhrchen münde. ERKANNTE BISCHOFF die Verschiedenheit der Drüsen an der Pars pylorica des Hundes von den übrigen Magendrüsen. WASHMAN, TODD und BOWMAN, HENLE, KÖLLIKER, DONDERS setzten die Beobachtungen fort. BRÜCKE entdeckte die Muskelschicht der Magenhaut, GERLACH studirte die Gefässvertheilung.

Der weitere Fortschritt bestand darin, dass es glückte, die Magenabsonderung im Menschen eines lebenden Menschen direkt zu beobachten. Im Jahre 1834 erschienen zu Paris die Untersuchungen BEAUMONT's über den Magensaft und die Physiologie der Verdauung, welche an einem Manne, St. Martin, angestellt waren, der durch eine Schusswunde eine zufällige Magenfistel davon getragen hatte. Ein ähnlicher Fall wurde 1853 durch BIDDER und SCHMIDT (GRÜNEWALD und SCHRODER) bei einer gesunden ehstnischen Bäuerin beschrieben. Die zufällige Magenfistel erweckte den Gedanken, solche künstlich an Hunden anzulegen. Solche Magenlisten wurden von BASSOW 1842 und BLONDIOT 1843 angelegt, wodurch die Untersuchungen über die Magenverdauung wesentlich gefördert wurden. BARDELEBEN verlegte die Methode an Hunden, BIDDER und SCHMIDT legten eine Magenfistel bei einem Menschen an.

Neben der Verbesserung der Methode wurde auch ein tieferer Einblick in den Chemismus der Verdauung angestrebt. Die Entdeckungen über die freie Säure im Magensaft führten zunächst auf den Gedanken gebracht, dass sie es sei, unter deren Wirkung die Lösung der aufgenommenen Speisen stattfindet. Eine genauere Beobachtung (BEAUMONT, J. MÜLLER) führte dagegen zu dem Schluss, dass in den Säuren allein die Ursache der Magenverdauung nicht liegen könne.

In demselben Jahre, in welchem BEAUMONT's wichtige Untersuchungen bekannt wurden, trat auch ERERLE mit Beobachtungen auf, nach welchem dem »Magenschleim« das Vermögen zukommen solle, in saueren Flüssigkeiten Eiweissstoffe, Fleisch und leimartige Stoffe zu lösen. Weder der Schleim allein noch die Säure allein sei dazu im Stande. ERERLE beobachtete, dass dabei die Eiweissstoffe ihre Fähigkeit zu gelatiniren verloren. Er legte damit die wahre Grundlage der Verdauungslehre gelegt, doch hatte er zunächst allem die gleiche Wirkung wie dem »Magenschleim« zuerkannt. 1836 wurden die Beobachtungen ERERLE's von J. MÜLLER und SCHWANN bestätigt, doch die lösende Wirkung auf »Magenschleim« beschränkt. Man gewann die Flüssigkeit zur künstlichen Verdauung durch, dass man den Lahnagen des Kalbes abpräparirte, so lange mit Wasser wusch, bis sie nicht mehr sauer reagirte, und dann trocknete. So konnte die Schleimhaut aufbewahrt



werden, und war jederzeit zu den Versuchen anwendbar. SCHWANN setzte die Untersuchungen über die Natur des »Verdauungsprincipes« noch weiter fort. Er fand, dass das Verdauungsprincip, Lab oder Pepsin, in Wasser löslich sei, es war also nicht der selbst. SCHWANN studirte die Frage, wie die Säure zur Verdauung mitwirke und die Theilnahme der Verdauung mit den »Fermentwirkungen«. SCHWANN versuchte auch das festzustellen; er fällte es durch essigsaureres Blei; aus dem Niederschlag gewann er die Eigenschaften wieder, indem er es durch Schwefelwasserstoff vom Blei trennte. REHM und WASMANN 1839 haben diese Beobachtungen fortgesetzt und erweitert. Im verfuhr bei seinen Versuchen, das Pepsin darzustellen, analog wie SCHWANN, fällte es mit Alkohol, C. SCHMIDT mit Sublimat. Eine sehr gute Methode, nach welcher peptonfreies Pepsin erhält, stammt von BRÜCKE her, der durch eine Fällung durch saueren Kalk und durch Cholesterin das Pepsin mechanisch niederreiss und die Beimischungen trennt. In dieser Art dargestellt gibt es nur spurweise Eiweiss. In Beziehung auf die Theorie der Pepsinwirkung glaubt C. SCHMIDT, dass im Magen das Pepsin mit der Salzsäure zu Pepsinchlorwasserstoffsäure verbunden sei. Übergebe (nach den neuesten Darstellungen) die Salzsäure bei der Verdauung an die Nahrung ab, welche diese im status nascens in Peptone verwandelt; das freigewordene Pepsin bindet sich wieder mit Salzsäure, wodurch der Process von neuem beginnt.

Die Veränderungen, welche die Nahrungsstoffe im Magen erfahren, waren sehr limitirt und die leimgebenden Substanzen beschränkt. SCHWANN zeigte nach der Beobachtung von LECHE über die verdauende Wirkung auf Stärke, welche TIEDEMANN und GÜNTHER im Magen beobachtet hatten, dass der angesäuerte Speichel (auch im Magen) fortfährt in Zucker zu verwandeln. Dass die Veränderung, welche die Albuminstoffe im Magen erfahren, keine Fäulniss sei, wurde neuerdings durch die Beobachtung der analogen Eigenschaften des Speichels (z. B. BEAUMONT) widerlegt. Früher hatte man geglaubt, dass die Eiweissstoffe würden unverändert resorbirt. Zuerst beobachtete man die Gerinnung des Käsestoffes im Magen. PROCT und BEAUMONT fanden, dass auch flüssig durch Magensaft umgewandelt werde, sodass es seine Gerinnungsfähigkeit verliert. Sie untersuchte die Eigenschaften der im Magensaft aufgelösten Proteinverbindungen und wies die grosse Uebereinstimmung derselben nach und nannte sie »Albuminosen«. Untersuchungen der »Peptone« verdanken wir LEHMANN und MEISSNER, die den Bilde der Peptone genauer zu zergliedern suchten. BRÜCKE'S Untersuchungen über die Verdauung haben in der neuesten Zeit die wesentlichsten Aufschlüsse ertheilt.

**Zur ärztlichen Untersuchung der Magencontente.** — Nach Injektionen ins Blut gelber Magensaft über: Jodkalium, Rhodankalium, milchsauerer Eisenoxyd, Ferrocyankalium, Zucker u. A.

Im Erbrochenen haben wir den verschiedensten Mageninhalt gemischt mit den Elementen des Auswurfs (cf. diesen) vor uns. Auch Galle findet sich häufig bei manchen Krankheiten, manchmal macht sie die Hauptmasse des Erbrochenen aus. Bei Magenkatarrhen im Erbrochenen viel Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, die sich nach HOFFMANN dann bilden, wenn die natürliche Säure im Magen fehlt. Gewöhnlich versteht man unter »Dispepsie«, doch könnte auch eine Dyspepsie (Störung der Verdauung) durch Mangel an abgesondertem Pepsin entstehen. Man gibt dagegen jetzt im Handel vorkommende »französische Pepsine«, eine sehr energisch wirkende Mischung von Peptonen, Pepsin und Stärke, milchsäurehaltig. Es wird im Grossen nach der SCHWANN'schen Methode (cf. oben). Die bräunliche, syrupöse Masse, die Pepsin darstellt, wird zur Dosirung und Aufbewahrung mit so viel Stärke zerrieben, dass ein weisses, hygroskopisches Pulver entsteht. Das Präparat ist sehr wirksam, anders dargestellte Präparate (deutsches Pepsin nach J. MÜLLER und SCHWANN) wirken nicht. Bei krankhaften Veränderungen des Magens findet sich im Erbrochenen häufig das durch den Magensaft meist in eine kaffeesatzähnliche, braunliche Masse ver-

mal ist das erbrochene Blut noch flüssig. Daneben finden sich bei Zerstörungen des Gewebsbestandtheile desselben, Krebszellen und Zellen anderer Pseudoplasmen, Infusorien etc.

Mikroskop kann ausser den bei dem Auswurf von Epithelien noch zeigen: Cylinderzellen, Eiterzellen, Pigmentzellen, Blutkörperchen, Pilze, wie Sarcin, Sarcin-ventriculi und gewöhnliche Gährungspilze. Als Reste: Stärkekörner, Pflanzenreste, Pflanzengefässe, Harn, Chlorophyllkörner, Fetttropfen, Fettzellen, Fettsäuren, glatte Muskelfasern, Bindegewebs- und Nervenfasern. (Fig. 67.).

Dem grünen Erbrochenen (Vomitus aeruginosus) ist der grüne Bestandtheil in den Magen ergossene, von der Galle in Biliverdin veränderte Galle. Galle im Erbrochenen, wie wir unten sehen werden, die Verdauung des Pepsins. Bei Cholera und Urämie (auch bei Thieren) wurde im Erbrochenen Harnstoff, Kohlensäures Ammoniak nachgewiesen, aus dem vielleicht erst im Magen entstanden. Das Erbrochene ist dann stark alkalisch.

Fig. 67.



Formbestandtheile erbrochener Massen. a Labzellen; b Cylinderepithelien; c Schleimkörperchen; d Pflasterzelle der Mundhöhle; e Sarcin-ventriculi; f Cryptococcus cerevisiae; g Amylonkörper; h Fetttropfen; i Muskelfaser.

## Achtes Kapitel.

### Verdauungsvorgänge im Darne.

Der Dünndarm ist das Hauptverdauungsorgan.

Der saure Speisebrei, der noch bedeutende Mengen aller der Stoffe enthält, die der Einwirkung des Magensaftes und Speichersafts ausgesetzt waren, gelangt durch den Pfortner stossweise in kleinen Portionen in den Dünndarm, um dort noch weitere Veränderungen zu erleiden.

Theilweise sind diese Veränderungen ganz derselben Art und betreffen dieselben Stoffe, wie wir sie in den beiden letzten Kapiteln besprochen haben.

Die Eiweissstoffe und das Stärkemehl werden noch möglichst vollständig gelöst und diffusionsfähig gemacht, in Pepton und Zucker umgewandelt.

Andererseits findet im Darne eine Stoffgruppe die Bedingungen der Verdauung, die bisher noch keine Verdauung erfahren hatte: die Fette.

Um dieses complicirte Resultat der Stoffumänderung zu erreichen, enthält der Darm mehrere Verdauungsflüssigkeiten. Seine Schleimhaut selbst und die in ihr enthaltenen meist schlauchförmigen Drüsen liefern ein Sekret: den Darmschleim oder Darmsaft. Ausserdem ergiesst sich in den Zwölffingerdarm das Sekret der Bauchspeicheldrüse, des Pankreas, das dort mit dem Sekret der Leberabsonderung: der Galle zusammentrifft.

Diese drei für die Verdauung wirksamen Säfte mischen sich dem aus dem Magen kommenden Chymus bei und vollenden die Veränderungen, die zur Aufnahme der in ihm enthaltenen Nahrungsstoffe in die Saftmasse des Blutes nothwendig sind. Was der Magen begonnen und vorbereitet, wird von dem Dünndarm vollendet. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Dünndarm als Hauptorgan der Verdauung zu betrachten ist.

Die Sekrete, welche sich im Darm dem sauren Chymus zumischen, sind durchweg alkalisch; von Aussen nach Innen schreitet daher im Chymus eine Umwandlung der Reaktion in eine alkalische vor, die schon vor Mitte des Dünndarms vollendet ist.

#### Darmschleimhaut und Darmsaft.

Wir beginnen mit dem Darne und seinem Sekrete, dem Darmschleim oder Darmsafts.



Die Schleimhaut des Darmes ist dünner als die des Magens, doch zeigen im Bau eine unverkennbare Aehnlichkeit. Auch im Darm sehen wir dicht nebeneinander, einfach schlauchförmige Drüsen: die LIEBERKÜHN'schen Drüsen durchsetzen die Schleimhaut senkrecht auf ihre Oberfläche durchsetzen. Sie sprechen den Magenschleimdrüsen im Bau; wie in jene setzt sich dieses das Cylinderepithel der Darmschleimhaut ununterbrochen fort und bildet sie vollständig aus. Die innere Darmschleimhaut erhebt sich in zahlreichen feinen Fältchen und Zotten, die zu beschreibenden Darmzotten, der Oberfläche ein sammtartiges Aussehen verleihen. Rings um diese Darmöffnungen sich die LIEBERKÜHN'schen Drüsen (Fig. 68.). Sie sind im ganzen Darm verbreitet. Ihre Länge wird durch die Dicke der Schleimhaut bedingt, da sie dieselbe in ganzer Dicke durchsetzen:  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$ ''' , Breite beträgt 0,028—0,036''' . Jede besteht aus einem zarten, von einer dünnen Membrana propria gebildeten Canale, welche mit den Cylinderzellen ausgefüllt ist. Untersucht man die Drüsen der Schleimhaut, so zeigt sich jede mit einer hellen Flüssigkeit: dem Darmgalle gefüllt.

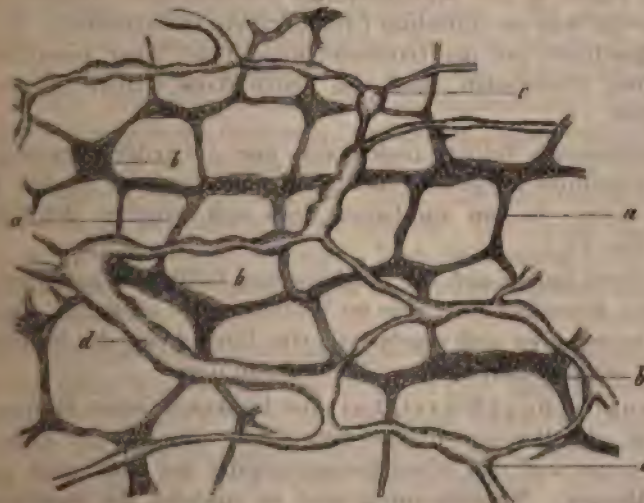


Die Dünndarmschleimhaut der Katze im senkrechten Durchschnitte. *a* Die LIEBERKÜHN'schen Drüsen; *b* die Darmzotten.

Die Blutgefäße umspinnen die schlauchförmigen Darmdrüsen ziemlich dicht, wie wir es bei den Magendrüsen gesehen haben.

Die Nerven (Fig. 69.) sind noch kaum weiter als in das submuköse Bindegewebe des Darmes verfolgt, wo sie überraschend reiche Geflechte bilden, in

Fig. 69.



Aus dem Dünndarm des Meerschweinchens. *a* Plexus myentericus mit den Ganglien *b*; *c* feinere und *d* stärkere Lymphgefäße.

denen MEISSNER eine grosse Anzahl von Ganglienzellen entdeckte, zweifellos als nervöse Bewegungs- und Sekretions-Centralorgane des Darms aufzufassen sind, und diesem, die grosse Selbständigkeit in den Beziehungen ertheilen, von der wir in der Nervenphysiologie noch wissen werden.

Ausser den LIEBERKUHNSchen Drüsen finden sich in dem obersten Theile des Darmes auf das Duodenum beschränkt auch noch traubartige

Fig. 70.



Die BRUNNERSche Drüse des Menschen.

Schleimdrüsen, welche in ihrer Gestalt, Grösse und Bau ihrem alkalischen Sekretum vollkommen entsprechen. Sie führen den Namen ihres Entdeckers: BRUNNERSche Drüsen. Sie stehen am Pylorus an bis zur Einmündung des Gallenganges. Im Magen bilden sie eine traubartige hängende Lage. Sie senden ihre Ausführungsgänge durch diese hindurch. Ihre Grösse beträgt von  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$  mm, sodass man sie blosses Auge zu sehen bekommt, wenn man die Schleimhaut von der Muskelhaut abzieht (Fig. 70).

Die Blutgefässe der BRUNNERSchen Drüsen verhalten sich analog wie die Blutgefässe der Schleimdrüsen der Mundschleimhaut.

Im ganzen Darne finden sich noch reichlich »geschlossene« Follikel. Sie sind den bisher in den Schleimhäuten beschriebenen vollkommen entsprechen und sind hier wie dort als einfachste Lymphdrüsen zu betrachten, an welchen die Lymphgefässkapillaren aus der Darmschleimhaut und zwar besonders von den Zotten derselben herantreten, und von denen dann weitere Lymphgefässe wieder abgehen.

Die geschlossenen Follikel finden sich hier entweder einzeln: als Follikel: Glandulae solitariae, oder zu Haufen vereinigt zu den Pylorifollikelhaufen. In Bau und Grösse zeigt sich zwischen den Follikeln ein grosser Unterschied (Fig. 71.).

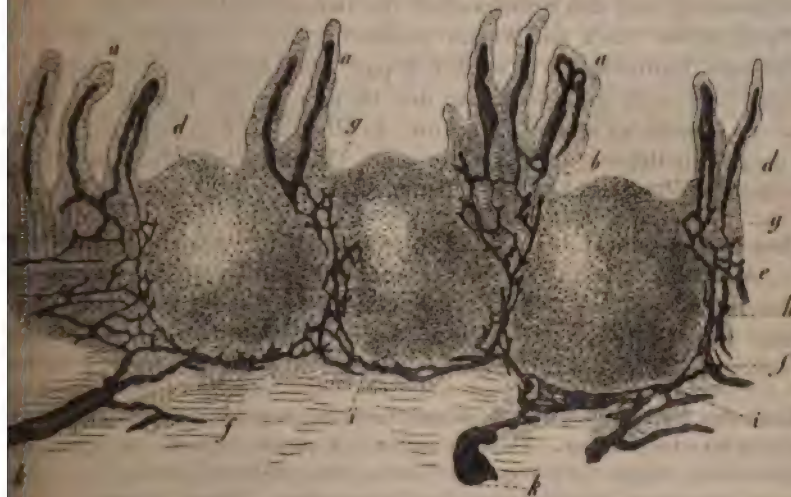
Im Dickdarm finden sich die geschlossenen Follikel in grösserer Anzahl als im Dünndarme, besonders stehen sie im Wurmfortsatze gedrängt. Sie sind grösser und zeigen über sich regelmässig eine Einsenkung der Schleimhaut, an welcher man nicht mit einer Drüsenmündung verwechseln darf.

Die Absonderungsflüssigkeit der LIEBERKUHNSchen Drüsen wird gewöhnlich als Darmsaft oder Darmschleim bezeichnet. Die Art der Einwirkung des Nervensystems auf den Absonderungsvorgang hat man noch nicht nachweisen können. Wahrscheinlich sind es zunächst die Ganglienzellen des Darmes selbst, welche die Absonderung anregen.



ch elektrische Nervenreizung, z. B. des Vagus, sah man bisher keine eintreten. Dagegen bringen mechanische Reize oder chemische z. B.  $\frac{1}{100}$  Salzsäure oder elektrische Reize durch Induktionsschläge direkt auf die Schleimhaut selbst einwirkend ziemlich reichliche Sekretion hervor.

Fig. 71.



gezeichnet durch eine in ihren Lymphbahnen injicirte PEYER'sche Plaque des Menschen. a Darmzotten mit Blutgefäßen; b LIEBERKÜHN'sche Drüsen; c Muscularis der Schleimhaut; d Follikelkuppe; e mittlere Grundtheil der Follikel; f Uebergang der Chylusgänge der Darmzotten in die eigentliche Schleimhaut; g förmliche Verbreitung der Lymphbahnen in der Mittelzone; h Verlauf am Follikelgrund; i Uebergang in die Lymphgefäße der Submucosa; k follikuläres Gewebe in der letzteren.

man hat gelehrt, reinen Darmsaft zu gewinnen. Bei einem hungernden Hund wird ein 4—15 Ctm. langes Darmstück aus dem ganzen Darne so ausgeschnitten, dass es mit seinen Blutgefäßen, Bauchfell, Nerven etc. in normaler Lage bleibt. Die beiden Enden des durchschnittenen Gesamtdarmes werden wieder vereinigt durch Darmnaht, sodass der Zusammenhang des Darmes wieder hergestellt ist, welches nur um das ausgeschnittene Stück sich verändert. Letzteres wird an dem einen Ende, durch Naht geschlossen, vollständig wieder in die Bauchhöhle herein gebracht, das andere offene Ende als Fistel an die Bauchwände befestigt. Nach der Heilung bleibt die Darmfistel stehen, durch welche man in das ausgeschnittene nun blind endende Darmstück gelangen kann.

1 Ctm. Darmoberfläche secerniren nach THIRY in einer Stunde 4 Gramm Darmsaft. Der ganze Darm des Hundes, der etwa 239 Ctm. lang ist, würde danach in 24 Stunden 360 Gramm Saft absondern können; doch übersteigt die wirklich abgesonderte Grösse nicht unbedeutend, da an einem Hund so langer Zeit fortgehende ununterbrochene Sekretion nicht zu erwarten ist.

Der Saft aus solchen Darmfisteln ist bei Hunden dünnflüssig, hellgelb gefärbt,



stark alkalisch und entwickelt mit Säuren Kohlensäure. Sein specifisches Gewicht ist konstant 1,0115. Er besitzt 2,5% feste Bestandtheile:

Eiweiss . . . . .	0,8013
sonstige organische Stoffe . . . . .	0,7337
Asche . . . . .	0,8789
davon kohlensaures Natron	0,315—0,337 %

Untersucht man den Schleiminhalt des Darmes nach dem Tode, so findet man, dass alle Epithelzellen stark mit Wasser imbibirt haben, so zeigen sich in der That alle abgestossene Epithelzellen in reicher Menge, auch Schleimkörperchen, theilweise auch die Oberfläche des Darmes an der Bildung des Schleims theilhaftig, sodass die LIEBERKÜHN'schen Drüsen nur als Oberflächenvermehrung der Darmhaut durch Einstülpung zu betrachten sind. Die Schleimbildung beruht auf einer Mucinmetamorphose des Cylinderzelleninhaltes.

Der **Darmsaft** wirkt bei alkalischer Reaktion verdauend auf Fibrin (FIBRIN u. A.), Albumin, frisches Casein, gekochte und frische Muskelsubstanz, phosphorische Albuminate (KÖLLIKER, SCHIFF u. A.). Es entstehen dabei wasserlösliche Produkte (LEUBE). Der Darmsaft verwandelt Stärke in Zucker (SCHIFF u. A.), in Traubenzucker (LEUBE u. A.). Oele werden emulgirt (SCHIFF).

**Historisches über den Darmsaft.** — Ältere Versuche über den Darmsaft hatten sich mit dem Abbinden des Darmes zu thun. FRENCH suchte sich reinen Darmsaft zu verschaffen, indem er einen vorher vorsichtig ausgedrückten Darmstück, auf welche Weise er auch Mengen einer zähen Flüssigkeit aus dem Darm erhielt. ZANDER arbeitete nach dem von BIDDER und SCHMIDT (1854). Er brachte bei Hunden in den oberhalb aufgebundenen Darm, um den Zufluss der übrigen in den Darm ergossenen Drüsen zu verhindern, in einen Tüllbeutel die zu verdauenden Stoffe: geronnenes Eiweiss in Stücken, Stärkekleister. Die Darmschlingen wurden dann wieder in die Bauchhöhle zurückgebracht. Nach einiger Zeit herausgenommen zeigte sich aus Stärke ein Stärcgele gebildet und vom Eiweiss 6,5%, vom Fleische 7,2% gelöst. KÖLLIKER und SCHIFF fanden bei analogem Versuche an einer Katze nach 18 Stunden nur noch 4% gelöstes Eiweiss. Beide Funktionen: Zuckerbildung aus Stärke und Oelauflösung würden für die Verdauung des Menschen besonders von grossem Werthe sein, welchem sich noch im Dickdarm in der Kothe unverdaute Stärke, Eiweissreste finden. Diese Stoffe könnten noch im ganzen Darm durch den Darmsaft verdauende Einwirkung erfahren, um so möglichst ausgenutzt zu werden.

BESCH sah Eiweisstücker, welche aus dem Magenende einer Darmfistel hervortraten, im Dickdarm noch verdaut werden, sodass eine Verdauung von dem unteren Theile des Darmes aus möglich erschien.

THOMAS fand die genannten verdauenden Wirkungen nicht, sein Saft vermochte nicht zu lösen, wenn seine Reaktion alkalisch gehalten wird. Diese Lösung beruht auf der Gegenwart eines Fermentes, das sich in ähnlicher Weise wie das Pepsin in der Magensaftbildung. WITTICH stellte das diastische, zuckerbildende Ferment dar.

Im Darne geht Rohrzucker in Rubenzucker, Milchsäure und Buttersäure über.

Die Eiweiss verdauende Wirkung des Darmes ist in der Nähe des Pylorus zu finden. Dort stehen jene BRENNER'schen Drüsen, die in ihrem Baue den Schleimdrüsen des Pankreas entsprechen. BERNARD erklärt sich für kleine Pankreasdrüsen. Seine Beobachtungen sind oben citirt. Die Drüsen, welche nach ihrem Entdecker BERNARD benannt wurden, wurden schon 1686 entdeckt, von NIDELBOFF 1846 zuerst genau untersucht.

**vergleichenden Anatomie.** Die Schleimhaut des Darmes zeigt bei Säugethieren und deutliche Zotten, auch manchen Fischen fehlen sie nicht. Die Darmschleimhaut der Fische und Reptilien besitzt Leisten und Falten, die sich öfters netzartig mit einander verbinden, wodurch drüsenähnliche Hohlräume (makroskopische) entstehen, z. B. bei Rochen. Das Epithel im Darm der Wirbelthiere ist meist, wie im Magen, Cylinder-

Die Porenkanälchen der Darmzellen, welche sich sehr allgemein erkennen lassen, werden im folgenden Kapitel näher besprochen werden. Der Enddarm von Rochen und Fische sowie die Kloake der Vögel trägt Plattenepithel (LEYDIG). Bei Säugern und Vögeln findet sich in der Schleimhaut des Darmes sehr konstant die LIEBERKUHNSchen Drüsen, bei Fischen und Reptilien (mit Amphibien) werden sie durch die oben genannten makroskopischen Bildungen der Schleimhaut ersetzt (LEYDIG). Bei Säugethieren und einigen Fischen findet sich überdies BRUNNERSche Drüsen, die sich am zahlreichsten im Duodenum der Fleischfresser finden. Bei Chimären, Rochen und Haien finden sich die analogen Drüsen am gegenübersetzten Darmende (LEYDIG), fingerförmige Drüsen. Vögeln, Reptilien und den meisten Fischen fehlen sie ganz. Die PEYERSchen Follikel finden sich bei den Vögeln durch den ganzen Darm zerstreut. Die Muscularis des Darmes ist bei der Schleie (*Tinea chrysis*) und bei *Cobitis fossilis* quergestreift, in der Schleimhaut finden sich noch glatte Fasern.

Bei den niedersten Wirbellosen, bei Infusorien, wo eine Mundöffnung ins Innere fehlt, mangelt öfters noch ein von der Körpersubstanz erkennbar geschiedener Darm, es existiert nur eine kammlartige Lücke von bleibender (?) Form. Bei der Ernährung dieser Thiere und kontraktile Zellen giessen sich die Protoplasmanmassen um das zu fressende Korn herum oder dieses wird an ausgesendete Fortsätze geklebt mit diesen zusammengezogen. Unter den Infusorien (?) findet sich bei *Trachelias* ein baumförmig verzweigter Kanal im Innern, der den Darmkanal vorstellt (EURENGER, A.). Bei anderen Infusorien ist Ein- und Ausgang der Darmhöhle öfters deutlicher durch eine Grenzmembran abgegrenzt, oder wie man gewöhnlich zu sagen pflegt, ein unten mit dem Oesophagus hängt in die grosse Verdauungshöhle hinein. In manchen Fällen verläuft auch die Grenzmembran an der Mundöffnung zu haarähnlichen Bildungen (LEYDIG), wie z. B. der fischreusenähnliche Cylinder in dem Munde von *Proodon*, *Amphileptus* etc. Bei den Süßwasserpolyphen, bei denen der Körper schon deutlich aus Zellen besteht, ist der Magen und Darmkanal nur durch eine innere Hohlung begrenzt von denselben kontraktile Zellen, die den übrigen Polypenleib zusammensetzen. Bei Würmern, Strahlthieren, Mollusken und Arthropoden haben wir dagegen schon denselben Bau des Tractus wie bei den Wirbelthieren: bindegewebiges Schleimhautstratum (Tunica) innen mit Epithel, aussen mit einer Muscularis überkleidet, die ausserlich öfters noch von einem Analogon der Serosa überzogen wird. Die Epithelien des Verdauungstractus wimpeln entweder vollständig oder theilweise. Die Form der Zellen wechselt von runden bis zu enorm langen cylindrischen Zellen im Darm unserer Insekten, Krebse. Die Kutikularbildungen an der Oberfläche der Zellen bestehen hier und da zu festen, abziehbaren Häutchen aus, so im Magen von *Paludina vivipara* (LEYDIG). Die Kutikula verdickt sich ferner lokal zu zahnartigen Kauapparaten, wie Zungenplatten und Kiefertheile der Schnecken, Tintenfische und Würmer (Zähne der Kauapparat der Kiemenwürmer), zu den Magenähnen der *Aplysia* und den Hornzähnen im Magen anderer Mollusken. Die Magenähne im Kaumagen von *Oniscus*, *Porcellio* etc. bilden eine grössere Härte durch Einlagerung von Kalk in die Kutikularsubstanz. Bei den Cephalopoden sollen schlauchförmige Drüsen im Darm vorkommen, zottenartige Hervorragungen von der Dignität der Drüsen (BERGMANN und LEUCKART) finden sich in der Schleimhaut vieler Insekten. Im Chylusmagen bei *Pentatoma* findet sich ein Abschnitt, welchen vier Reihen eng mit einander verbundener Drüsenreihen einmünden (v. SIEBOLD). Diese blindsackartige Anhang finden sich wohl meist von der Dignität der Drüsen bei einer Reihe von Wirbellosen, z. B. der Blindsack am Magenausgang der Cephalopoden. Einerseits fehlt bei einigen die Muscularis des Darmes, andererseits ist sie bei Insekten, Spinnen



und Krebsen meist quergestreift. Die Serosa des Darms stimmt bei den Echinodermen, sowie bei Aphrodite aculeata. Die Stelle des Mesenteriums den Insekten der Fettkörper (LEYDIG).

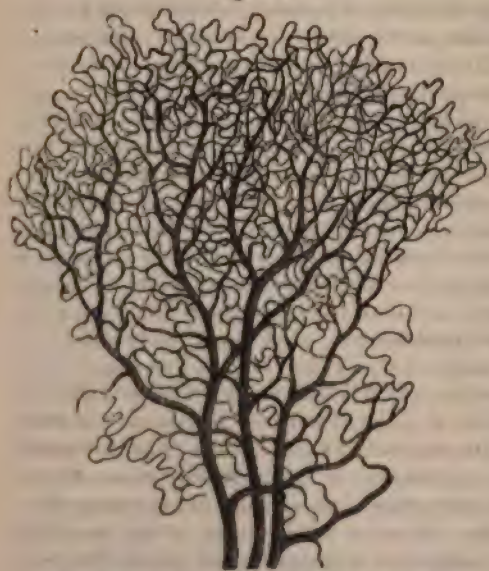
Ueber Entwicklungsgeschichte des Darms vergleiche man bei M. Zur ärztlichen Untersuchung vergleiche man unten bei Koth.

### Pankreas.

Das wichtigste Sekret das sich in den Dünndarm ergiesst, ist das Speicheldrüse, des Pankreas.

Das Pankreas ist wie die Speicheldrüsen eine zusammengesetzte förmige Drüse. Ihre Lappen und Läppchen lösen sich in mikroskopische Bläschen auf, welche eine Membrana propria besitzen, und im Pflasterzellen ausgekleidet sind, welche sich durch den Fettreichthum auszeichnen. Die Ausführungsgänge der Bläschen sowie der Ausführungsgang der Drüse: der Ductus Wirsungianus besitzt Cithel. An seinen Wänden sitzen kleine Drüschchen an, welche im möglicherweise auch in der Funktion mit der Bauchspeicheldrüse übereinstimmen. E. H. WEBER, LANGERHANS, PFLÜGER, EWALD und GIANNUZZI geben in den Acinis des Pankreas ein System äusserst feiner Kanälchen existirt, die einzelnen sekretorischen Elemente des Acinus umspinnen. Dieses Netzes umspannen 1—5 Drüsenzellen. Der Uebergang der feinsten Ausführungsgänge geschieht häufig ganz plötzlich. Das Ver-

Fig. 72.



Gefässe des Pankreas des Kaninchens. Vergr. 45.

feinsten Gänge scheinen den Leberzellen zu entspringen. Ausser dem Wirsung'schen Ausführungsgang besitzt die Drüse noch einen kleineren Ausführungskanal, der am Kopfe der Drüse eintritt, nachdem er sich mit den Ausführungsgängen durch einen Seitenkanal verbunden, entweder oberhalb oder unterhalb der Einmündungsstelle seinen Inhalt in den Dünndarm ergiesst. Bei Unterbindungsversuchen des Pankreasausführungsganges, um die Verdauung auszuschliessen, gelang es sowohl dieser zweite Ausführungsgang von BERNARD beschrieben, als auch die Nebendrüsen des Pankreas berücksichtigt werden, nach KLOB auch beim Menschen. Nach ZENKER sitzt der Ausführungsgang der Darmwand selbst.

Die Blutgefässe des Pankreas stimmen in ihrer Verbreitung mit denen der Speicheldrüsen überein (Fig. 72.). Die sehr reichlichen



am Sympathicus treten an den feinen Ausführungsgängen in zahlreichen. PELTZER fand reichlich markhaltige Nervenfasern in dem Pankreas ebenso in den ausgebildeten Alveolen desselben endigen, wie in Speicheldrüsen.

Der Einfluss des Nerveneinflusses auf die Bauchspeichel-Absonderung, welche etwa 5—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme eintritt, wird durch sensible Reize der Magenschleimhaut (z. B. Aether) reflektorisch gesteigert. Nahrungsaufnahme steigert sie. Wie alle arbeitenden Organe bei ihrer Thätigkeit in der Verdauung einen gesteigerten Blutzufluss, so ist die Bauchspeicheldrüse im nüchternen Zustande schlaff und weisslich, schwillt sie während der Verdauung an und bekommt von den gefüllten Gefässen ein rothes Ansehen. Daraus geht hervor, dass das Rohmaterial für die Drüsenabsonderung geliefert wird; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass auch hier die Nerven es sind, welche das an sich indifferente Material zu dem eigentlichen Drüsensekrete verarbeiten.

Die Wirkung des centralen Vagusendes soll (nach LUDWIG und BERNSTEIN) die Secretion steigern, ebenso Erbrechen (BERNARD). Nach Durchschneiden der Ganges scheint eine paralytische Sekretion einzutreten.

### Der Bauchspeichel.

Die Beobachtungen von BIDDER und SCHMIDT und CL. BERNARD ist der Bauchspeichel, welcher aus frisch bei einem Hunde angelegten Fisteln des Wirtganganges gewonnen wurde, eine stark klebrige Flüssigkeit, ohne morbid Bestandtheile, klar, farblos, alkalisch, von salzigem Geschmack. Die Bestandtheile betragen zwischen 10—12 %<sub>0</sub>. Die Natronsalze überwiegen, die Asche ähnlich wie in der des Blutserums.

Einer Analyse SCHMIDT's betragen die festen Stoffe im Pankreassaft 9,9 %<sub>0</sub>; die Asche betrug 8,54 pro mill; sie bestand aus:

schwefelsaurem Kali . . .	0,02
„ Natron . . .	0,10
Chlornatrium . . . . .	7,36
phosphorsaurem Natron . . .	0,45
Natron . . . . .	0,32
Kalk . . . . .	0,32
Magnesia . . . . .	0,05
Eisenoxyd . . . . .	0,02

Also von den 8,54 pr. M. nur 0,31 pr. M. andere Substanzen als Natronsalze. Der Saft giebt alle Reaktionen einer alkalischen Lösung der Salze. Daneben enthält er auch durch Essigsäure fällbares Kalialbumin, welches durch Erhitzen.

Die Beobachter (LUDWIG, WEINMANN) haben an Saft aus permanent bestehenden Fisteln eine weit geringere Konzentration beobachtet nur etwa 5 %<sub>0</sub> im Mittel feste Stoffe und noch einen geringeren Gehalt an Salzen. LUDWIG beobachtete, dass die Konzentration des Bauchspeichels mit der zunehmenden Absonderungsgrösse in der Zeit abnimmt, je mehr Saft abgesondert wird, desto weniger feste Stoffe enthält er. Die Veränderung in der Saftkonzentration an temporären und permanenten Fisteln ist eine regelmäßige Erscheinung.

Legt man eine Pankreasfistel 5—9 Stunden nach reichlicher Nahrungsaufnahme sich der ausfliessende Saft zähflüssig. Es hängt dieses wie es scheint mit der arteriellen Rothung der Drüse durch die gesteigerte Blutzufuhr zusammen. Denn aus der Fiste erhält man aus Fisteln, die nach der 9. Stunde nach der Nahrungsaufnahme zu den, stets nur einen dünnflüssigen Saft, der aber auch durch eingenommene Nahrungsmittel die erwähnte dickliche Beschaffenheit des normalen Bauchspeichels erhält. Hauptes, dass die Drüse mit einer permanenten Fiste sich nicht mehr rötten soll. Der Saft zeigt nicht alle die spezifischen Wirkungen des dickflüssigen.

Die Menge des abgesonderten Pankreassekretes beträgt bei einem gewöhnlichen Menschen während der Verdauung etwa 2 Gramm. Nach BIDDER und SCHMIDT'S Rechnung von der Absonderung bei dem Menschen soll die Absonderung bei 64 Kilogramm Menschen etwa 450 Gramm Bauchspeichel mit 45 Gramm festen Stoffen betragen. Es ist diese Angabe zu hoch, da nach BERNARD die Drüse nur während der Verdauung stärker sekretirt.

An Stoffen fanden sich im Gewebssaft, wobei eine Isolirung des etwa in den Abgängen enthaltenen Sekretes nicht möglich war: Wasser, lösliches Albumin, Guanin, Xanthin, Milchsäure, flüchtige Fettsäuren, Fette, anorganische Salze.

Das Leucin (VIRCHOW) findet sich in der Bauchspeicheldrüse in reichlicher Menge in irgend einem anderen drüsigen Organe. Aus Pankreas vom Ochsen erhielt SCHMIDT aus der feuchten Drüse Leucin. Es ist auch in der frischen lebenden Drüse enthalten, selbe Forscher nachweisen konnte. Das Tyrosin ist in ihr in weit geringerer Menge vorhanden.

Die quantitative Zusammensetzung der Drüse veranschaulicht etwa folgende Tabelle:

Wasser . . . . .	745,33	} OIDMANN
organische Stoffe . . . . .	248,77	
anorganische Stoffe . . . . .	9,59	
Leucin . . . . .	4,77	} SCHERER
Xanthin . . . . .	0,0166	
Guanin . . . . .	0,0422	

Die grösste Menge der organischen Stoffe besteht aus Eiweiss und Fetten.

Nach E. BISCHOFF betrug der Gehalt eines Pankreas von einem Hinterschaten an Stoffen 47,386%, an Wasser: 82,613%.

### Wirkung des Bauchspeichels.

Man war geneigt, den Eiweissstoffen des Saftes die fermentartigen Eigenschaften des Bauchspeichels zuzuschreiben; jetzt scheint es wahrscheinlicher, dass die ihrer Wirksamkeit erschlossenen Fermente des Pankreas keine Eiweissstoffe sind. Jedenfalls sind es mehrere Fermente, die sich durch Wasser aus dem Pankreas ausziehen lassen. Zwei wurden durch CONSUMM und WITTIG ziemlich rein (?) dargestellt. WITTIG ist es gelungen durch einen Glykolyse die beiden Pankreasfermente, das diastatische (Zucker-bildende) und das peptische (Pepton-bildende) Ferment zu gewinnen.

Die Funktionen des pankreatischen Sekretes bestehen in:

- 1) Umwandlung von Stärkemehl in Zucker,
- 2) Verdauung der Eiweisssubstanzen, der Leimgebeine und des Leims zu Peptonen und Aminosäuren,
- 3) in Vorbereitung des Fettes zur Aufnahme in die Gefässe.



ist bemerkenswerth, dass die Wirkung des Bauchspeichels den Veränderung, die man durch Kochen (mit Mineralsäuren) hervorrufen kann, analog ist. Die Fähigkeit der Umwandlung der Stärke in Zucker besitzt der Bauchspeichel in noch weit höherem Maasse als der Mundspeichel, worauf besonders BARNARD aufmerksam machte. Durch den Bauchspeichel wird nicht nur gekochte, sondern auch rohe Stärke verdaut. Bei 35°C. ist die Wirkung momentan, deren Temperatur immer noch sehr rasch. Alle Einflüsse die wir hindernd oder fördernd auf die Mundspeichelswirkung fanden, haben die gleiche Wirkung auf das Pankreassekret. BARNARD und SCHUBERT haben bewiesen können, dass diese Verdauung fortgeht, unbeeinträchtigt von der Anwesenheit von Galle und Magensaft. Die Stärke, welche also nicht schon im Munde und im saueren Mageninhalte durch den Mundspeichel in Zucker verwandelt wird, findet in dem Bauchspeichel noch ein weiteres Umwandlungsmittel vor, vielleicht noch durch den Darmsaft unterstützt wird.

Das Zuckerbildungsvermögen kann das Pankreas bei den Carnivoren wenig oder in wilden Zustände, in welchem sie keine stärkehaltige Nahrung gewöhnlich bethätigen, trotzdem findet sich die Drüse auch bei ihnen in bedeutender Grössenentwicklung vor, zum Beweise, dass ihre zweite, von CORVISART entdeckte Funktion: die Verdauung von Eiweisskörpern an Wichtigkeit der ersten nicht nachsteht.

Diese Fähigkeit des Bauchspeichels war lange Gegenstand der Kontroverse, der eine Autor konnte sie bestätigen, der andere fand an Stelle der beschriebenen Verdauungsvorgänge nur Fäulniss. Die neueren Untersuchungen, besonders die von MEISSNER, haben über allen Zweifel erhoben, dass durch Einwirkung von Pankreas-Extrakt die Ueberführung der Eiweissstoffe in Peptone gelingt, aber nur wenn das zu dem Versuche verwendete Pankreas von einem während Pankreas-Verdauung geschlachteten Thiere stammt. Wie sich SCHIFF bewies, ist nur während der Verdauung das Pankreas mit seinen Fermenten aktiv. Wie wir uns diesen Ladungsvorgang vorstellen sollen, ist noch nicht bekannt. Nach SCHIFF wäre die Anwesenheit des Dextrin's in der aufgenommenen Nahrung eines der Anregungsmittel, wie er dasselbe auch bei der Pepsinwirkung des Magens annimmt.

Nach MEISSNER's Versuchen sollten nur in schwachsauren Flüssigkeiten die Eiweisskörper ohne vorausgehende Parapeptonbildung, zu Peptonen und zwar zu Peptonen wie durch die Einwirkung des Magensaftes sich lösen. Andere, besonders CORVISART sahen die Lösung auch in schwach alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten eintreten. Nach CORVISART löst der Pankreassaft auch leimgebendes Eiweiss und Leim zu einer nicht mehr gelatinirenden Flüssigkeit.

Man behauptete man, dass die Eiweissverdauung durch Bauchspeichel bei alkalischer Reaktion erfolge und zwar ohne vorhergehendes Aufquellen der zu verdauenden Substanzen (DANILEWSKY).

BARNARD an dem Bauchspeichel auch eine Einwirkung auf die Fettverdauung entdeckte, so machte er das Pankreas zum Faktotum der Verdauung.

Die Behauptung BARNARD's stützt sich zunächst darauf, dass jeder Bauchspeichel mit flüssigem Fett geschüttelt eine ausnehmend feine Emulsion, Fettstaub, aus der sich die minimalen Fetttröpfchen nicht wieder abscheiden. Diese Emulsionen sind so fein, dass man annehmen zu dürfen glaubt, dass sie als solche



die supponirten Membranlücken in und zwischen den den Darm aus Zellen durchsetzen können.

Die Frage, wie das Fett in die Lymphgefäße hereingelange, durch Wasser getränkten Gewebe hindurch, mit denen es sich ebenso wie ein Oeltropfen in ein mit Wasser befeuchtetes Papier eindringt, hat Untersuchungen hervorgerufen.

Es ist klar, dass man sich denken kann, dass wenn nur die Fetttropfen möglichst klein sind, sie durch die feinen Porenöffnungen der Zellen durch, welche letztere Brücke sogar ohne Zellmembran an der Darmschleimhaut eingepresst werden könnten. In dieser Hinsicht ist also das Vermögen des Bauchspeichels von Wichtigkeit geworden. Man hat gezeigt, dass Galle und der Darmsaft wie alle dünnflüssigen Sekrete dieses Verhältnisses doch nicht so klein scheinen die von ihnen zertheilten Fetttropfen zu.

Man könnte sich andererseits vorstellen, dass das Fett, um auflösbar zu werden, in eine mit Wasser mischbare Modifikation, Seife, übergeführt werden könnte, welche die Gewebe durchsetzt und sich in der Lymphbahn als wahres Fett findet, erst wieder in Fett umwandelte.

BERNARD hat auch weiter gefunden, dass die Substanz der Bauchspeicheldrüse, auch der blassen, (EBERLE) und das Sekret derselben die neutrale Fettseife zerlegt unter Bildung von Fettsäuren, sodass also Gelegenheit zur Verseifung der Fette gegeben ist, wodurch sie das geforderte Vermögen, sich mit Wasser zu mischen, erhalten würden. Indem die Fettsäuren durch das Sekret in Seifen umgewandelt werden, deren Eigenschaft es ist, sich mit Fett und Wasser zu mischen, so müssen diese Seifen, ganz in der Weise die Fettaufnahme im Darm ermöglichen, wie wir das von der Galle erfahren werden. Indem die Seifenlösungen die Darmschleimhaut und durchtränkt, ermöglichen sie dem Fett den Durchtritt durch diese Hülle (cf. Galle). Die Wirkung des Pankreassaftes ist sonach, indem er Seife bildet, der Wirkung der Galle für die Fettaufnahme im Darm ganz analog.

Durch Zerstörungen des Pankreas an lebenden Thieren suchte BERNARD seine Annahme zu stützen, dass der Bauchspeichel zur Fettverdauung unentbehrlich sei. Andere Autoren konnten die für seine Ansicht positiven Resultate nicht bestätigen. BERNARD machte dagegen auf die möglichen Fehler bei seinen Versuchen aufmerksam: der zweite Gang der Drüse, der nach Unterbündelgang Hauptganges noch Saft in den Darm führen konnte, die Nebenpankreasdrüse nach der Zerstörung des Hauptorgans noch fort funktionieren.

Wir kommen bei der Frage nach der Resorption auf die Pankreasdrüse zurück.

KÜRNE und SENATOR beobachteten, dass nach einiger Zeit der Einwirkung des Bauchspeichels die Peptone noch weiter gespalten werden zu Leucin und zu unbekannten Extraktivstoffen, von denen einer sich mit Chlorzinn färbt, ein anderer (Indol KÜRNE's) faecal riecht. Diese Processe sollen den Charakter der Fäulnis tragen.

Das Leimpepton liefert bei dieser weiteren Zersetzung anstatt des Glycins neben Leucin und Ammoniak.

Den künstlichen Pankreassaft erhält man durch wässrige Extrakte der Drüsensubstanz am besten von Hunden, die man in der Zeit der

Zeit (am besten 5—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme) geschlachtet hat. Zu dieser Zeit ist der Drüsenaufguss theilweise unwirksam.

**Historische Bemerkungen.** — Schon 1664 fing REGNER DE GRAAFF den pankreatischen Saft auf, den er klar und wenig klebrig fand. Er war dazu veranlasst worden durch die Hauptung seines Meisters F. SYLVIVS (DE LA BOË) (Mitte des 16. Jahrhunderts), dass der Saft eine Säure sei, welche, das Alkali der Galle sättigend, ein »Aufbrausen« bewirken solle, eine Erscheinung, die man damals als eine sowohl in der lebenden als todtten Natur häufig wirkende Kraft (Gährung) betrachtete. MAYER und MAGENDIE untersuchten den Saft genauer, ebenso TIEDEMANN und GMELIN; sie fanden ihn alkalisch, reich an festen Bestandtheilen und gerinnbar in der Hitze. LEURET und LASSAIGNE fanden ihn alkalisch und Mandelsäure ähnlich. VALENTIN beschreibt zuerst, dass der Bauchspeichel die Eigenschaft besitzt, Stärkemehl schnell in Zucker umzuwandeln. EBERLE beobachtete vor BERNARD die Eigenschaft des Bauchspeichels mit Fetten feine Emulsionen zu bilden. BERNARD'S Untersuchungen über den Bauchspeichel waren besonders erfolgreich. Er schrieb ihm, trotz der negativer Resultate von FRIEDRICH, BIDDER und SCHMIDT, Wirkung auf Eiweisskörper zu (in Verbindung mit der Galle). CORVISART (1857—58) bewies die Eiweissverdauung durch Pankreassaft, in welchem er ein Ferment: Pankreatin annimmt, trotz der gegentheiligen Erfahrungen von KEFERSTEIN und HALLWACHS. In neuester Zeit lernte man die Erfolge der Eiweissverdauung regelmässig hervorbringen (KUHNE, BERNARD).

**Entwicklungsgeschichte.** — Bei dem Hühnchen ist (RENAK u. A.) die erste Anlage des Pankreas (65ste Brütstunde) eine kleine solide Wucherung der hinteren Darmwand in der Gegend des linken primitiven Lebergangs, an welcher sich vor allem die Epithelialschichte des Darms theilnimmt. Bald entwickelt sich eine kleine in den Darm mündende Höhle in dieser Gegend.

Die weitere Entwicklung geschieht nach dem Typus der Entwicklung der Speicheldrüsen. Die Epithelialschicht der Pankreasanlage treibt zunächst solide Sprossen, welche später hohl werden. BISCHOFF sah das Pankreas an einem 7<sup>mm</sup> langen Rindsembryo als ein gabelförmig getheiltes Stück Drüsenkanal. Bei einem 8<sup>mm</sup> langen war der Drüsenkanal rundum mit einer Anzahl (12—14) rundlicher Anschwellungen besetzt, sodass das Glandulardolde glich. KÖLLIKER beobachtete das Pankreas bei einem 4 Wochen alten Menschenembryo. Es war ein weiterer Gang, an den sich ebenfalls schon hohle Nebengänge (7) ansetzten, die in solide Knospen endigten. Nach BISCHOFF entwickelte sich Bauchspeicheldrüse und Milz aus einer anfangs vollkommen verschmolzenen Bildungsgrundlage.

**Vergleichende Anatomie.** — Die Bauchspeicheldrüse ist meist vielfach gelappt. Bei Amphibien, Reptilien und Vögeln ist sie kompakter, bei Nagern häufig in grössere Lappen getheilt (Maulwurf). Nicht selten kommen zwei Ausführungsgänge vor bei Schildkröten, Amphibien, Vögeln (Tauben und Huhn haben drei), einigen Säugethiern, die getrennt von der Leber ausmünden; einer verbindet sich dann meist mit dem Ductus hepato-entericus (RENAUD, LEYDIG u. A.). Unter den Wirbellosen findet sich nur bei den Cephalopoden ein deutliches Pankreas. Es besteht bald aus »Blinddarmchen«, bald aus Bäumchen mit buschförmig anhängenden Endknospen (H. MÜLLER).

**Chemische Untersuchung.** — Im WIRSUNG'schen Gang kommen nie und da Concremente vor.

LEHMANN fand ein solches in der Hauptmasse aus geronnenem Albuminat bestehend, außerdem enthielt es nur wenig kohlensauerer und phosphorsauerer Kalk. Nach O. HERMANN und GOLDING-BIRD können die stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile hinter die anorganischen zurücktreten ( $7\frac{1}{2}\%$ ,  $16\frac{1}{2}\%$ ). Die Hauptmasse bildet dann phosphorsaurer Kalk ( $67\frac{1}{2}\%$ ), und kohlensaurer Kalk ( $3\frac{1}{2}\%$ — $16\frac{1}{2}\%$ ), nebst Spuren von löslichen Salzen.

Man hat die Bauchspeicheldrüse bei Hunden ganz oder theilweise zerstört und wollte, dass ihre Verdauung und ihre Gesundheit gelitten hätte, nur grössere Gefrässigkeit beobachtet haben.



## Die Leber.

Die Hauptwirkung bei der Fettverdauung scheint dem Sekrete der Galle zuzugehören.

Die Leber ist die grösste Drüse des menschlichen Organismus.

Aeusserlich ist das dunkelbraune, im normalen Zustande gleichmässig gefärbte, im Leben brüchige Leberparenchym mit einer bindegewebigen Glisson'schen Kapsel überzogen, welche fast überall noch eine zweite Hülle, das Bauchfell erhält.

Der Hauptunterschied der Leber von den übrigen Drüsen mit Ausführungsgängen besteht darin, dass sie sich nicht in von einander getrennte Abschnitte scheiden lässt, von denen jedes, seinen eigenen getrennten Ausführungsgang besitzt, und die mit einander nur durch Bindegewebe vereinigt sind. Das darstellende Gewebe sowie das Netz der Kapillargefässe stehen in der natürlichen Leber überall in direkter Verbindung.

Anders erscheint dieses bei den Lebern des Eisbären und des Schweines, welchen Thieren eine Trennung des Lebergewebes in einzelne, mit freisichtbare Lappchen oder Inselchen durch dazwischentretendes Bindegewebe besteht.

E. H. WEIER hat zuerst gezeigt, dass dieses letztgenannte Verhalten der menschlichen Leber nicht getheilt wird, wenn auch häufig genug krankhafte Veränderungen der Drüse ein nach dieser Richtung zu deutendes Verhalten zeigen. Nirgends tritt Bindegewebe in so grosser Menge in die menschliche Leber ein, um eine Sonderung in Lappchen oder Inselchen zu Stande kommen zu lassen. Trotzdem behaupten auch in der menschlichen Leber kleine Gewebeseinheiten, etwa von der Grösse der Leberlappchen des Schweines —  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  Zoll — eine gewisse Selbständigkeit.

Man hat auch sie mit dem Namen Leberlappchen oder Leberinseln belegt.

Die Selbständigkeit, die Individualisirung der Leberlappchen liegt in der Anordnung ihrer Gefässe.

Die Leber bekommt nicht nur aus einer Quelle Blut zugeführt. Die Arteria hepatica, die vor allem zur Ernährung des eigentlichen Leberparenchyms (Gefässen, Gallengängen, Nerven etc.) dient (HERING), erhält das Blut aus dem Venenstamm der Pfortader, die sich aus den Kapillaren des Magens, der Milz und der Gedärme etc. bildet. Sie löst sich in der Leber in ein zweites Kapillarnetz auf, sodass der Blutstrom in ihr ungemein verlangsamt werden muss. Wir haben also drei Lebergefässarten zu unterscheiden: zuführende Gefässe: Arteria hepatica und Vena portae und die abführenden Gefässe: die Lebervenen, Venae hepaticae.

Um die Lappchen herum verlaufen feine Pfortaderzweige: Vena interlobulares, welche ein reiches Kapillarnetz in das Innere der Lappchen senden. Dort verbinden sie sich mit den arteriellen Kapillaren, deren Stämmchen auch im Umfange der Lappchen verlaufen, und ergiessen das arterielle Blut in ein grösseres Aestchen der Lebervene: Vena centralis interlobularis, welche regelmässig in der Mitte jedes Lappchens sich öffnet.



die kleinsten zu- und abführenden Gefässstämmchen durch die ganze Leber in regelmässigen Abständen von einander, und wenn auch die einzelnen Läppchen überall in direkter Verbindung mit einander, lässt sich eine aus ihrer regelmässig wiederkehrenden Anordnung folgerichtig der einzelnen Gefässbezirke nicht verkennen.

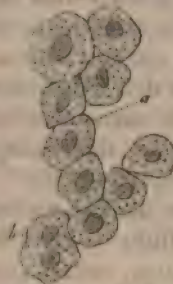
Die gallenabführenden Gänge schliessen sich an die Pfortaderstämme Venae interlobulares an und betheiligen sich damit an der schärferen Begrenzung der Läppchen, sodass jedes derselben von einem reichen Gefässnetz umgeben wird. Zwischen diesen Gefässen, den übrig bleibenden Raum von den Lymphgefässen ausfüllend, befindet sich das eigentlich abgeplattete Gewebe der Leber: das sich aus den Leberzellen und den Gallenkapillaren zusammensetzt.

Die Leberzellen sind unregelmässig geformte, durch Druck abgeplattete Zellen, mit einem sehr eiweissreichen, gelblichen Protoplasma, in welchem sich ein oder mehrere, bläschenförmiger Zellenkern mit einem oder zwei Kernkörperchen vorfinden (Fig. 73.). In dem Inhalte derselben finden sich regelmässig grössere oder kleinere Fetttropfen und gelbbraune Farbstoffkörner. Bei pathologischen Veränderungen, bei der reichlichen Zufuhr von Nahrung z. B. bei säugenden Thieren findet sich eine bedeutende Anhäufung von Fett in den Zellen, die dann die einzelnen kleinen Tröpfchen grösseren Fetttropfen zusammenfassen, fast das Ansehen von Bindegewebe erhalten (Fig. 74.). Die Membran der Zellen ist undeutlich; isolirt stehenden Zellen langsame Amöbengestaltungen (LEUCKART).

Das Erkenntniss der Anordnung der Zellen innerhalb der Läppchen ist in der neuesten Zeit gelungen. Die Zellen liegen mit ihren abgeplatteten Flächen direkt neben einander, bilden ein solides Netzwerk. Schabt man eine Substanz von der Leber ab, so erhält man stets neben ganz isolirten noch Bruchstücke dieses Netzes zu sehen. Besonders regelmässig ist das Zellennetz um die Centrum, wo man eine wirklichen sternförmigen Anordnung trifft.

Die Decke der Zellennetze ist in der Breite nach den Zwi-

Fig. 73.



Leberzellen des Menschen; *a* einkernige, *b* eine mit doppeltem Nucleus.

Fig. 74.



Zellen der Fettleber; *a, b* mit kleineren Fettmolekülen und Tröpfchen; *c, d* mit grossen Tropfen.

Fig. 75.



Leberläppchen eines 10jährigen Knaben (Copie nach ECKEN) mit dem Querschnitt des centralen Lebervenenstammchens.

schenräumen, welche die Kapillaren zwischen sich lassen, manchmal besteht nur aus einer Zellenreihe hinter einander, manchmal sind sie 2—5 Zellen stets aber ist ihre Form ganz unregelmässig, was sich mit Nothwendigkeit aus der ungleichmässigen Vertheilung der Kapillaren und ihrer Zwischenräume ergibt.

Es schien am einfachsten, anzunehmen, dass wie an anderen Orten auch bei der Leber die absondernden Zellen in eine Hülle eingeschlossen, die die Gallengänge mündete, als Epithel stünden.

Nach BEALE, KÖLLIKER u. A. findet sich eine analoge Anordnung wie bei der Leber.

Die Gallengänge gehen, wie schon lange bekannt ist, in Begleitung der Pfortader — und der Leberarterienzweige in das Innere des Lebergewebes, wo sie sich baumförmig verästeln, erreichen sie endlich die Läppchen, wo sie in einem zarten Netzwerke in dem Läppchenumkreise auflösen, nachdem sie fast ohne alle gegenseitige Verbindung mit einander verlaufen. Von den feinsten gehen dann feinste Gefässchen an die Läppchen heran.

Die letztgenannten Forscher nahmen an, dass die Verbindung der Gallengefässe und der Leberzellen dadurch bewirkt wird, dass sich eine Hülle von den Gallengängen her über die Leberzellen hinwegzieht, sodass zellenhaltige zarte Röhren erscheinen, was besonders bei Lebern von Enten deutlich sei. Bei Lebern von Erwachsenen liesse sich die Hülle um die Leberzellen nur an den Ansatzstellen der Zellenröhren an die Gallengefässe noch nach weiterhin verschmelze sie untrennbar mit den Membranen der Gefässe.

Die feinsten wirklichen Gallengänge im Läppchenumkreise haben einen Durchmesser von 0,005—0,007 mm.

BEALE gab an, dass die Leberzellen die ganze Hohlung, welche von einer umschliessenden feinen Hülle — einer Membrana propria — gebildet wird, vollkommen ausfüllen, sodass zwischen ihnen Platz für den Abfluss des ihnen gebildeten Sekretes bleibt (Gallenkapillaren).

Fig. 76.



Gallenkapillaren der Kaninchenleber. 1 Ein Theil eines Läppchens, a Vena hepatica, b Pfortaderast, c Gallengänge, d Kapillaren, e Gallenkapillaren. 2 Die Gallenkapillaren (b) in ihrem Verhalten zu den Haargefässen der Blutbahn (a). 3 Gallenkapillaren in ihrer Anordnung zu den Leberzellen. a Kapillaren, b Leberzellen, c Gallengängen, d Haargefässe der Blutbahn.

ihre Hohlraum meist von zwei Zellen gebildet wird.

Auf GERLACH'S Beobachtungen basiren die Untersuchungen von BEDJEWIC, MAC GILLIVRAY, CHRZONSCZEWSKY, etc. Die Gallengänge sind Kanälchen von grösster Feinheit (bis hin zu 0,001 mm Durchmesser) und bilden eine feine Maschenarbeit, die der Grösse der Leberläppchen entspricht. Sie verlaufen nicht in den Rändern, sondern in den Scheidewänden zwischen den Leberzellen (Hinter-



Die dickeren Lebergallengänge bestehen aus Bindegewebe mit elastischen mit Cyliinderepithel bekleidet, an den grösseren Gallengängen zeigen sich die Muskelfasern (HENLE, nach HEIDENHAIN auch an den mittelweiten Gängen aber nur an der Gallenblase zu einer dünnen Muskelschicht werden. Die kleinsten Gallengänge haben nur eine strukturlose Hülle und Epithelium. Die Gallengänge haben den Zusammenhang zwischen den Gallengängen und Gallenkapillaren, sowie das Verhalten der Leberzellen zu denselben. Die Lichtung der Gallengänge geht ohne erhebliche Minderung ihres Durchmessers unmittelbar in die intralobulären Gallenwege oder Gallenkapillaren über. Hier wechseln die Gallengänge das Epithel. Unmittelbar an die Hohlräume zwischen den Lebergallenkapillaren, deren Epithel also die Leberzellen (gleichsam) darstellen, das Epithel der kleinsten Gallengänge (LEYDIG) aus kleinen Zellen bestehend, die zuweilen an der Stelle des Uebergangs etwas vergrössert erscheinen. HIERING hat HIERING's Angaben bestätigt, die mit seinen und BEALE's älteren sich reinigen lassen.

Am Gallenwegen findet sich eine Menge kleiner traubenförmiger Schleimdrüsen: die Gallengangdrüsen (KÖLLIKER, BIESS). LUSCHKA zeigte ihr Vorkommen auch in der Gallenblase.

Die Leber ist reich an Lymphgefässen, die ein oberflächliches und tieferes Lymphgefässnetz bilden und die Pfortader bis in die Läppchen begleiten. Hier setzen sie sich fort in ein das ganze Läppchen durchstrickendes viertes Netzwerk lymphatischer Gänge. Alle Kapillaren der Blutbahn sollen nämlich von einem Lymphgefäss umschieden werden. Die Leberzellen grenzen mit einem Theil ihrer Oberfläche auch an diese interlobulären Lymphräume (MAC GILLAVRY), welche HIERING Galleinprodukte hält.

Die zahlreichen Nerven der Leber, die vom Sympathicus — Plexus coeliacus — und Vagus stammen, sind in ihrem Verhalten im Innern der Drüse, in dem sie mit den Arterien eindringen, neuerdings von PFLÜGER erforscht. Sie sind sehr reichlich, enthalten viele Ganglienzellen. Mit den Leberzellen treten markhaltige Nervenfasern durch feine in die Zellen eintretende Fibrillen in Verbindung, theils Bündel feinsten Fasern. Das Verhalten erinnert sehr an die Speicheldrüse.

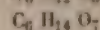
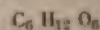
#### Chemische Bestandtheile der Leberzellen.

Die Leber als die grösste Drüse des Organismus war vielfältig Gegenstand chemischer Untersuchung. Man hat in ihr (BERNARD, HENSEN) einen in den übrigen Organen des Erwachsenden sonst nicht oder nur in geringer Menge vorkommenden Stoff, zweifellos ein Produkt ihrer Zellenthätigkeit, in grosser Menge aufgefunden, das Glykogen, das sich unter denselben Bedingungen wie Stärke in Zucker verwandelt.

Unter den Bestandtheilen, die man nach der Ausspritzung des Blutes bei sorgfältiger Vermeidung kadaveröser Zersetzungen (durch Abkühlen auf die Temperatur des schmelzenden Eises oder durch Erhitzen auf 100°C.) aus der Leber extrahirt, steht quantitativ neben dem Eiweiss, das in den kalten wässrigen Extrakt in grossen Mengen übergeht, das Glykogen obenan. Daneben findet man meist noch eine grössere oder geringere absolut aber immer kleine Quantität

von wahren Zucker, was MEISSNER für ganz frische Leber leugnet, die Galle, welche gallische Gallenbestandtheile, von denen es zweifelhaft bleibt, ob sie aus dem Zelleninhalte oder aus den Gallengängen stammen, die nicht entleert kommen.

Das Glykogen wird entweder als schneeweisses, lockeres Pulver oder als gummiartige Masse gewonnen. Seine elementare Zusammensetzung lässt es nach BERARD, ARJON, PELOUZE als ein wahres Kohlehydrat erscheinen, das sich von Starch unterscheidet:  $C_6 H_{10} O_5$ . Doch scheint es verschiedene Wassermengen enthalten zu können, denn die Analysen verschieden dargestellter Präparate ergaben neben genannten auch wasserreichere Formeln:



Die Lösung des Glykogens im Wasser ist milchig trüb. mit Jod nimmt es behält an (wie die Stärkeart: Inulin); es reducirt Kupferoxyd in alkalischer Lösung nicht, sich also vom Traubenzucker leicht unterscheiden lässt (S. 68).

Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, Speichel, pankreas verwandeln das Glykogen zuerst in einen dem Dextrin ähnlichen Stoff, dann in Zucker. Dasselbe thut kaltgewonnenes wässriges Leberextrakt und Blutserum, in diesen ein zuckerbildendes Ferment wie in den Speicheldrüsen und dem Pankreas nehmen müssen, das v. WITTICH auch isolirte. Das animalische Dextrin, das des Zuckers, stellte LIMBACH aus Pferdelebern dar.

Es erscheint nach dem Gesagten als keine gewagte Behauptung, wenn man Leberextrakte gefundenen Zucker von der Umwandlung des Glykogens ableitet.

Lässt man ausgeschnittene, frische Lebern einige Zeit liegen, so entsteht ohne Ausnahme Zucker in reichlicher Menge, zum Beweise dass das zuckerbildende Ferment in der lebenden Leber schon enthalten sei.

Nicht selten findet sich aber in der ganz frischen, dem eben getödteten Thiere entnommenen Leber neben dem Glykogen gar kein Zucker vor. Es darf dieses aber nicht deutet werden, als ob der Zucker überhaupt erst ein Produkt kadaveröser Zersetzung der Leber sei (PAVY, MEISSNER).

BERNARD zeigte, dass das Pfortaderblut keinen Zucker enthalte, dagegen das Venenblut stets zuckerhaltig. Es scheint diese Beobachtung kaum eine andere zuzulassen als die, dass dieser Zucker aus der Leber stammt. Erst wenn die Beobachtung als unrichtig erwiesen wäre, was bisher noch nicht mit Sicherheit ist, würden wir gezwungen sein, den Gedanken einer Zuckerbildung während des Lebens aufzugeben.

Die Glykogenmenge in der Leber steht unter Beeinflussung der Nahrung (R. MAC-DONNELL und TSCHERINOFF). Am reichlichsten ist sie bei einer Nahrung aus Zucker mit Albuminaten. Fettfreies Fleisch, Leim genügen, um in der Leber hervorzubringen, während es aber bei der erst genannten Nahrungswaise bei 10% des Lebergewichtes ansteigen kann, beträgt es bei der zweiten nur 4,7%. Hungerten Thieren kann es in der Leber gänzlich fehlen. Einige Stunden nach der Aufnahme ist der Glykogengehalt der Leber am grössten, dann nimmt er ab. Das Gewicht mit dem Glykogen steigt bei Fütterung mit Amylaceen (MAC-DONNELL).

Ausser in der Leber der Erwachsenen ist das Glykogen auch in den Organen der Muskeln von Embryonen nachgewiesen worden (BERNARD, KIBNER), aus der Zeit nach der Geburt fast vollkommen verschwindet, um dann wenigstens in den Muskeln einen wahren Zucker (MEISSNER, J. RANKI) ersetzt zu werden. In den Muskeln der Thiere fand es MAC-DONNELL. Dextrin stellte LIMBACH aus dem Fleisch junger Thiere dar.

Das Eiweiss ist in den Leberzellen zum Theil als Katalbuminat enthalten. Beim Ansäuern mit Essigsäure heraus. Dasselbe findet statt bei der nach d



**Säuerung** des im Leben alkalischen Gewebssaftes der Leber. Die **Säuerung** geht in den Muskeln durch das Auftreten von Milchsäure, die von verschiedenen in den Lebern der Menschen und Thiere nachgewiesen wurde. Durch die Gerinnung des Albuminats wird die Leber ganz ähnlich todtstarr wie der Muskel, wodurch sie brüchig, fester erscheint. Es betheiligt sich an dem Starrwerden der Leber auch das bei der Abkühlung festwerdende Fett der Leberzellen. Die Eigenschaften der Leber sind noch wenig untersucht, es finden sich, neben anderen noch in der Leber, stets Olein, Stearin und Palmitin. v. BIBRA fand Spuren von Cholesterin im Leberextrakt.

Die Leber, Sarkin und Xanthin scheinen (SCHERER, CLÖTTA, STÄDELER) stets im Blut zu sein; ebenso eine bedeutende Menge von Harnstoff (HEINSIUS, MEISSNER). Land in der Leber eines in Folge eines Sturzes plötzlich gestorbenen Mannes folgende Zusammensetzung, die als Beispiel der normalen quantitativen Verhältnisse dienen kann:

Wasser . . . .	764,7
feste Stoffe . . . .	238,3
unlösliches Gewebe	94,4
lösliches Albumin	24,0
Glutin . . . . .	33,7
Extraktivstoffe . .	60,7
Fett . . . . .	25,0

Die Asche der Leber stimmt ziemlich genau mit der Fleischasche überein, doch überwiegen die Kalisalze etwas weniger über die Natronsalze als im Fleische, was auf einen niedrigen Blutgehalt in der untersuchten Drüse deutet. In 400 Theilen Asche der Leber fand OIDTMANN:

Kali . . . . .	25,23
Natron . . . .	44,51
Magnesia . . .	0,20
Kalk . . . . .	3,61
Chlor . . . . .	2,58
Phosphorsäure	50,48
Schwefelsäure	0,92
Kieselsäure . .	0,27
Eisenoxyd . . .	2,84
Manganoxydul	0,40
Kupferoxyd . .	0,05
Bleioxyd . . .	0,04
	<hr/> 100,00

und Blei finden sich fast regelmässig in der Asche der Menschenleber.

Ein Theil der in der Leber aufgefundenen Stoffe geht in das Sekret derselben, in die Galle, über und kommt dadurch für die Lehre von der Verdauung in Betracht. Ein anderer, bedeutenderer Theil (Zucker) geht aus den Leberzellen in das Blut zurück, von wo das Material zur Bildung ihrer specifischen Produkte bezogen.

### Die Galle.

Die Galle ist normal vollkommen flüssig, ohne geformte Beimengungen. Nur Bestandtheile findet man abgestossene Cylinderzellen der weiteren Gallenkapillaren, hie und da auch Pflasterzellen aus den Gallenkapillaren. Menschengalle, die man bei Sektionen gewinnt, zeigen sich hie und da kleinere Fetttropfen und Farbstoffkörnchen, in seltenen Fällen der Gallenfarbstoff in röthlichen Nadeln ausgeschieden.

Die frische Galle reagirt auf Pflanzenpapier neutral oder schwach sauer (v. GORUP-BESANEZ). Letztere Reaktion ertheilt ihr wohl erst die ziemlich geringe Beimischung von Schleim, das Absonderungsprodukt der in den Ausführungsräumen beschriebenen Schleimdrüsen. Die stetig abfließende Galle ist dünnflüssig, bei Behinderung des Abflusses wird sie dickflüssiger und stachelig. Ihr spezifisches Gewicht schwankt zwischen 1026—1032. Ihre Farbe in der Gallenblase gelb, grün, braun, bis schwarzbraun. An der Luft wird die gelbe Galle grün, die Galle der Vögel und Pflanzenfresser hat diese Farbe während des Lebens in der Gallenblase. Die Galle mit konzentrierter Salzsäure gemischt fluorescirt. Im durchfallenden Lichte zeigen diese Lösungen dunkelrothe, im auffallenden Licht eine schön saftgrüne Farbe.

In der wässrigen Flüssigkeit der Galle sind Stoffe gelöst, welche dieselbe vor allen anderen charakterisiren; es sind dieses die Gallensäuren: die stickstoffhaltige Glykocholsäure und die Taurocholsäure, die ausserdem auch noch Schwefel in ihrer Zusammensetzung besitzt (S. 71 f.).

Beide Säuren sind gepaarte Verbindungen ein und desselben chemischen Stoffes der Cholsäure, die selbst stickstofflos ist. Der Stickstoffgehalt der Glykocholsäure hat seinen Grund darin, dass in dieser Säure die Cholsäure mit dem stickstoffhaltigen Glycin gepaart ist. Paart sich mit der Cholsäure das stickstoff- und schwefelhaltige Taurin unter Aufnahme von Wasser, so entsteht die zweite gepaarte Säure, die Taurocholsäure.

Das Glycin (Syn. Glycocol oder Leimzucker seines süsslichen Geschmacks wegen) kommt nicht nur in der Galle an Cholsäure gebunden vor. Geht man zur Benzoesäure findet man es im Blute und Harne als Hippursäure vor, ein Zersetzungsprodukt des leimgebenden Gewebes und des Eiweisses, künstlich (aus Monochloressigsäure) dargestellt worden.

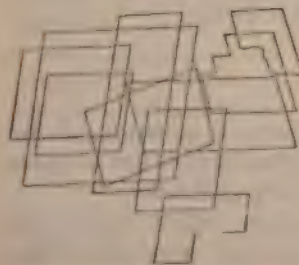
Durch Erhitzen der Cholsäure bei 200°C. bildet sich sowie durch Einwirkung von Säuren das Dyslysin.

Die Gallensäuren sind in der Galle an Natron gebunden, nur ein Theil an Kali; sie erscheinen als seifenartige Verbindungen.

Die Gallensäuren verleihen den Gallen den sprüchwörtlichen bitteren Geschmack.

Die Farbe der Galle rührt von dem Gallenfarbstoff her, dem Biliverdin, das durch oxydirende Einwirkungen in Bilifuscin übergeht. Schon der Sauerstoff der Luft genügt zur Ueberführung, braune Galle entsteht an der Luft.

Fig. 77.



Kristalle des Cholesterin.

Ausserdem finden sich in der Galle einmal geringe Mengen von Fett theils als solche, theils mit den reichlich in der Galle sich findenden Gallensäuren verseift, auch ein fettähnlicher, durch seine charakteristische Krystallform ausgezeichnetes Cholesterin (Fig. 77). In der Galle wird das Fett durch die Salze der Gallensäuren in Lösung gehalten. Auch Zersetzungsprodukte des Lecithins finden sich: Cholin (Neurin) und Glycerinphosphat.

Die Galle der verschiedenen Thiere unterscheidet sich in der Zusammensetzung. In den Gallen der verschiedenen Thiere findet man verschiedene Mengen von Gallensäuren, Fett, Cholesterin, Lecithin, Cholin, Glycerinphosphat, Biliverdin, Bilifuscin, etc.



**Cholsäure** durch ähnliche Säuren ersetzt werden beim Schwein, der **Cholsäure** und **Chenocholsäure**. In der Menschengalle wiegt oft das **Natron** vor, sodass sie einen reichen Schwefelgehalt erkennen **ich** in den Aschen der Galle als Schwefelsäure findet. Der Schwefelgehalt **t** bei verschiedenen Thieren je nach dem Vorwiegen des Glycin oder des Verbindung mit der Cholsäure (oder ihren Vertretern) sehr verschieden. **gen** Untersuchungen über Lebergalle aus einer Gallenfistel bei dem **n** fand ich eine Zusammensetzung, die mit der von Gornu gefundenen gut har- (1855).

**quantitative Zusammensetzung der Blasengalle** mögen zwei Analysen **BRUNNE** veranschaulichen, welche möglichst normalen Verhältnissen entsprechen:

Menschengalle in 100 Theilen:

	49jähr. Mann enthauptet	29jähr. Weib enthauptet
Wasser . . . . .	82,27	89,84
feste Stoffe . . . . .	17,73	10,19
gallensauere Alkalien	10,79	5,65
Fett und Cholesterin	4,73	3,09
Schleim mit Farbstoff	2,24	4,45
anorganische Salze .	4,08	0,63

orgfältig und genau ausgeführte vollkommene Aschenanalyse der Galle des ist nicht vorhanden. Doch kann uns hier die Analyse der Ochsen-galle (ROSE) dienen; der Schwefelsäuregehalt ist in Folge der Bestimmungsmethode etwas

Theilen Asche von Ochsen-galle sind enthalten:

Chlornatrium . . .	27,70
Kali . . . . .	4,80
Natron . . . . .	36,73
Kalk . . . . .	4,43
Magnesia . . . .	0,53
Eisenoxyd . . . .	0,23
Manganoxyduloxyd	0,12
Phosphorsäure . .	10,45
Schwefelsäure . .	6,39
Kohlensäure . . .	14,26
Kieselsäure . . .	0,36

chwefelgehalt der Ochsen-galle fand BRUNNE zu:

3,58 %

chenanalyse zeigt das quantitative Ueberwiegen der Natronsalze über die Kali-salze, welche letztere etwa nur  $\frac{1}{6}$  der ersteren betragen. Dieses Verhältniss ist um-kenswerther, da es in der Leberasche gerade umgekehrt ist. Von den Säuren ch-wefelsäure und Kohlensäure, als erst durch die Verbrennung gebildet, erstere-, letztere wenigstens ihrer Hauptmasse nach abgerechnet werden. Weiter erkennen hervor-leuchtenden hohen Gehalt an freien Alkalien (Natron), die in der frischen den Gallensäuren vereinigt waren.

### Die Gallenabsonderung.

absonderung der Galle ist eine stetige, sie geschieht unter einem sehr Druck. Wenn der Druck in den Gallengängen z. B. durch Verschliessung

des Ausführungsganges steigt, so tritt schon bei geringer Drucksteigung in das Blut zurück, und zwar glaubt HEIDENRAIN, dass dieser Rücktritt größeren Gallengängen erfolge; es treten dann die Gallenstoffe (mit Gallensäuren) im Harn auf (HOPPE-SEYLER), Schleimbäute und Haut färbt sich gelb (Icterus). Nerveneinfluss ist in direkter Weise auf sie nicht nachweisbar. Der Vagus hat in dieser Beziehung einige indirekte Bedeutung, indem er die Ausscheidungsweise auf mechanischem Wege verändert dadurch, dass er die Athembewegungen insgesamt, also auch die Bewegungen des Zwerchfells einflusst. Durch den Druck, welchen das bei Einathmung herabsteigende Zwerchfell und die Baueingeweide mit der Leber ausüben, wird das Sekret mechanisch ausgedrückt (HEIDENRAIN). Der nach der Nahrungsaufnahme herrschende Druck in der Bauchhöhle, welcher von der Anfüllung des Magens und der Leber herrührt, hat sonach zweifelsohne ebenfalls einen Einfluss auf die Entleerung der Gallengänge. Aktive in der Leber selbst gelegene Ausführrichtungen, Muskeln, lassen sich hier nicht nachweisen. Ueber den Nerv fand PFLÜGER neuerdings, dass nach Durchschneidung der Nervi Vagi, Splanchnici, Sympathici, nach Zerstörung des Plexus coeliacus, nach Zerspaltung aller in die Porta hepatis eintretenden Nerven bei freiem Blutumlauf die Sekretion der Galle fast unverändert fortbesteht. Reizungen der erwähnten Nerven geben kein bestimmtes Resultat. HEIDENRAIN machte es wahrscheinlich, dass eine Reizung der Gefässnerven die Sekretion vermindert wird; dasselbe fand sich auch für direkte Applikation der elektrischen Reizung auf die Leber. Abgesehen vom angeführten äusseren Druck können wir als Entleerungsmoment die »Nachrückung« der fort und fort in den Leberzellen sich bildenden Galle betrachten, die schon in den Ausführungsgängen angehäuften vor sich herschiebt. In der Gallenblase sammelt sich die secernirte Galle, wird da durch Resorption etwas konzentriert und während der Dünndarmverdauung in kleinen Mengen in den Darmkanal ergossen, wohin sie sonst stetig in kleineren Mengen abfließt. Die Entleerung der Gallenblase erfolgt durch Kontraktion ihrer Muskulatur, die nach HEIDENRAIN durch Rückenmarksreizung künstlich hervorgerufen werden kann.

### Die Gallenbildung.

Das aus dem Darmkanal kommende Blut der Pfortader vor allem führt das Material der Gallenbildung zu, und die Leberzellen scheinen um so thätiger zu werden, je grösser die überflüssige Stoffmenge ist, welche ihnen auf diesem Wege zugeführt wird. Es ergeben vielleicht die neueren Versuche, dass die Gallenbildung auch ohne die Pfortader (nach langsamer Unterbindung derselben) vor sich gehen kann (Ossi), und dass von den Arterien aus Material an die Leberzellen abgegeben wird (KROGINSKY, SZCZEWSKY). Es ist das erklärlich, da ja das Kapillarnetz der Läppchen sowohl von der Pfortader als von der Arterie aus gefüllt werden kann, sodass sie sich für die Sekretion ersetzen können. Nach den Beobachtungen von FRIEDRICH, DRI, KOTTER, ist die Unterbindung und Obliteration der Leberarterie die Gallenabscheidung nicht vermindert. Es ist das wahrscheinlich, da die Arterie das Leberparenchym ernährt und damit die Sekretion erhält. Es würde sich diese Beobachtung vergleichen lassen mit der von GLANZBEI, dass die Speicheldrüsen nach Unterbrechung des arteriellen Blutstromes aufhören zu sekern (»ernühd«), auch bei sonst reichlich anwesendem Blutstrom. (S. 234).



ein Theil der Gallenstoffe stammt direkt aus dem Blute: das Cholesterin und die galligen Salze sind hier vor allem zu nennen: die Gallensäuren und der Gallenfarbstoff, erst Umwandlungsprodukte des Stoffmaterials, das die Zellen aus dem Blute in sich ziehen. Sie finden sich nämlich ohne Icterus nicht in dem der Leber zuströmenden Blute; nach Exstirpation der Leber, welche Frösche längere Zeit überleben (J. MOLESCHOTT), treten sie wenig im Blute auf. Die chemisch-physiologischen Vorgänge in der Leber finden mit merkbarer Wärmebildung statt. Das Pfortaderblut, welches vom Darm her der Leber bei der Verdauung resorbirten Stoffen beladenes Blut zuführt, verändert in der Leber seine chemische Zusammensetzung nicht unbedeutend. Es scheint konstant während der Verdauung, wenn das Pfortaderblut ziemlich viel Fett enthält, Fett in der Leber zurückgehalten zu werden, wenigstens zeigt sich das Lebervenenblut zu Anfang der Darmresorption im Darm. Das Lebervenenblut soll nicht gerinnen, während das Pfortaderblut gerinnt. Lebervenenblut ist weit weniger reich an Wasser (der Unterschied beträgt 40%) und enthält weniger (31% Differenz) Salze enthalten (LEHMANN). Das Pfortaderblut ist reich an Blutkörperchen. Das Lebervenenblut soll 3mal mehr rothe Blutkörperchen enthalten als das Pfortaderblut. Die meisten rothen Körperchen aus der Lebervene sollen aber mehr sphärisch und weniger resistent gegen Wasser sein: jugendliche Blutkörperchen (FESKE). Die Unterarterien des Arterienblutes vom Venösen der Leber sind noch weniger sicher bekannt bestehende, die auch einer Bestätigung dringend bedürfen. Die Arterien der Leber speisen einen sehr beträchtlichen Theil der Zellen derselben. Nach KÜHNLE und SZCZEWICKY kann jedes Leberfläppchen geschieden werden in zwei Territorien sekretorischer Elemente, von denen das eine durch die Pfortader, das andere durch die Arterie gespeist wird.

Es ist wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil des Bildungsmaterials für die Gallenstoffe Eiweissstoffe oder Protagone sind. Man hat früher angenommen, dass die Cholesterinsäure, welche in ihrem chemischen Verhalten namentlich in ihren Zersetzungsprodukten eine Aehnlichkeit mit der Oelsäure zeigt, aus Fett, welches die Pfortader in grosser Menge der Leber zuführt und in dieser zurückgehalten zu werden scheint, entsteht. Man brachte als Beweis dafür auch die Anhäufung von Fett in den Leberzellen bei, welches man sich aus dem Blute in dieselben als Bildungsmaterial abgelagert.

Wir wissen aus den chemischen Zellvorgängen, dass der Organismus anstatt des Fettes auch Eiweiss, welches durch seine primäre Spaltung wahrscheinlich Fett bilden kann, verwenden kann. Vielleicht entstehen theilweise so auch die Fetttropfen in den Leberzellen. Wir widersetzen uns also der Annahme, dass die Cholesterinsäure aus Fett entsteht, wir behaupten nur, dass dieses zu ihrer Bildung dienende Fett in den Leberzellen auch aus Eiweiss abgespalten sein kann.

Es entstehen höchstwahrscheinlich die Paarlinge der Cholesterinsäure: das Glycin und das Taurin aus Eiweissstoffen. Wir haben in ihnen stickstoffhaltige Spaltungsprodukte Albuminate vor uns, das Taurin enthält sogar noch den Schwefel des Eiweisses.

Das Vorkommen von fetthaltigen Lebern bei säugenden, fetthaltige Milch geniessenden Thieren (GLÜCK, KÖLLIKER) beweist noch nicht sicher die Einführung des Fettes von aussen in die Leberzellen. Da der Fettgehalt der Leber in noch höherem Maasse durch Zuckergenuss gesteigert werden kann nach TSCHERINOFF, so scheinen wir es hier mit Fettbildung in der Leber ebenso zu thun zu haben, wie bei der Mastung überhaupt.

Der Gallenfarbstoff bildet sich mit grösster Wahrscheinlichkeit aus Blutfarbstoff. VIRCHOW hat darauf hingewiesen, dass das Bilirubin identisch oder wenigstens sehr ähnlich dem Hamatoidin, das sich aus alten Blutextravasaten bildet und durch Sauerstoff in Biliverdin übergeführt werden kann (HEINTZ). Sobald freier Blutfarbstoff im Blute enthalten ist, tritt im Harn Gallenfarbstoff auf; ersteres kann man erreichen durch Injektion von Wasser (LEHMANN) oder von gallensäuernden Salzen ins Blut (KÜHNLE).

## Einfluss der Nahrung auf die Leberthätigkeit.

Ueber die Ausscheidung der Galle wurden viele Versuche angestellt, wobei die Gallenmengen, die während 24 Stunden gebildet wurden, durch künstlichen Gallen fisteln entleert und bestimmt. Es zeigte sich hierbei, dass die Gallenabsonderung (feste Stoffe) steigt von der Zeit der reichlichsten Verdauung der Nahrung an, also von der dritten bis achten Stunde nach der Nahrungsaufnahme, von da an sinkt die Absonderungsgrösse wieder stetig, rascher nach der Nahrungsaufnahme als nach bedeutender. BERNARD verlegt das Maximum der Gallenabsonderung in die 7. Stunde nach der Nahrungsaufnahme. Nach Nahrung und Vorrat steigt die Gallenabsonderung sogleich nach der Nahrungszufuhr.

Dabei ergeben die Versuche, dass die Gallenmenge wächst mit der Menge von Eiweissstoffen, welche in der Nahrung gegeben werden. Wenn Fett allein sie nicht nur nicht steigert, sondern vermindert, wie es hauptsächlich den Eiweissumsatz im Organismus herabsetzt. Die grössten Gallenmengen werden am Tage abgesondert bei sehr gesteigerter Fleischaufnahme oder bei keinem anderen Nahrungsstoffe; am wenigsten Galle liefert eine Nahrung mit viel Fett und sehr wenig Eiweissstoffen. Die Menge der in einer Gallen fistel entleerten flüssigen Galle steht unter der Einwirkung der in den Lebergefässen cirkulirenden Flüssigkeitsmenge. Nach Blutungen hört die Gallenabsonderung ganz auf oder wird entsprechend geschwächt, lange ehe die Nerven darunter bemerkbar leiden (J. RANKE). Alle örtlichen Blutvermindern in den Lebergefässen vermindern oder sistiren die Gallenabsonderung. C. RANKE führt die Beobachtungen HEIDENHAIN's und PELÜGER's bei Reizung der Galle an. Eine analoge Verminderung tritt ein, wenn durch gesteigerte Leistung der Muskulatur den Drüsen und vor allem der Leber Blut entzogen wird, das dem arbeitenden Organ in gesteigerter Menge zuströmt (J. RANKE).

Umgekehrt kann durch Vermehrung der Flüssigkeitsmenge in den Lebergefässen die flüssige Gallenabsonderung gesteigert werden. Einspritzen von Wasser in die Blutgefässe (Wasser, auch Lebergalle J. RANKE) steigert die Gallenabsonderung, dasselbe thut Wassertrinken. Die Wiederherstellung der Blutcirkulation in der Leber frischgeschlachteter Thiere (SCHMULEWITSCH) erneuert die Gallenabsonderung, ebenso die Einleitung von Wassercirkulation in den Gefässen bei Pyelitis.

Die Menge der vom Menschen durchschnittlich gelieferten Galle schwankt bisher auf 460 — 1200 Grammen in 24 Stunden nach den Bestimmungen von RANKE bei Katzen und Hunden unter Berücksichtigung des verschiedenen Körperbaus. Die beobachteten bedeutenden Verschiedenheiten der Absonderung der Galle bei verschiedenen Thierarten nehmen dieser Rechnung ziemlich in die Höhe. Es glückte mir eine Gallen fistel bei einem Manne zu beobachten. Die Bestimmungen der in 24 Stunden ausgeschiedenen Galle zu machen, bei einem Echinococcus hepatis war ein Durchbruch in einen Lungenabscess. Zeitweilig wurde keine Galle in den Darm, sondern alle durch die Lungen ausgeschieden. Der Mann wog 47 Kilogramm. Im Mittel schied er in 24 Stunden aus 460 Gramm Galle mit 20,62 Gramm festen Stoffen und 44 Gramm Gallensäuren, im Maximum 945 Gramm. Ein Kilogramm Mensch secernirt in 24 Stunden im Mittel 44,0 Gramm flüssige und 0,44 Gramm feste



10,11 Gramm flüssige und 0,8 Gramm feste Galle. Die Zusammensetzung des Lebersekretes stimmt quantitativ genau mit der oben von v. GORUP-BESANEZ überein mit Ausnahme des Wassergehaltes. Nach den älteren Angaben von FRERICH'S und von v. GORUP-BESANEZ besitzt die Blasengalle im Mittel 13,65% feste Stoffe, während nach meinen Bestimmungen Lebersekret des Menschen nur 3,16% feste Stoffe enthält. Die mittlere Zusammensetzung des Lebersekretes und der Blasengalle, erstere nach meinen, letztere nach den Bestimmungen von FRERICH'S und v. GORUP-BESANEZ ist bei dem folgenden:

	Blasengalle:	Lebersekret:
Gallensäuren	54,8 %	53,5 %
Fett	21,8 %	14,5 %
Cholesterin		
Farbstoff	16,0 %	17,3 %
Schleim		

des Lebersekretes beträgt 14,8% im Mittel, während die Blasengalle 13,65% enthält. Diese Beobachtung scheint darauf zu deuten, dass neben Wasser auch anorganische Salze in der Gallenblase resorbiert werden. Je nach den verschiedenen Körperzuständen, welche ja Blutveränderungen setzen, die den Nahrungsaufnahme ganz gleich sind, wird die abgesonderte Menge der Galle bei ein und demselben Individuum sehr bedeutend verschieden sein. Je reicher ein Organismus ist, desto grösser wird seine Gallenabscheidung. Es lässt sich zusammenhängen, dass die Galle, welche man aus gesunden weiblichen Thieren untersuchte, procentisch wasserreicher als die aus gesunden männlichen Thieren ist. Das Alter der Individuen wird sich entsprechend dem grösseren Alter der Thiere, welchen die Organe in der früheren Jugend und im hohen Alter gemeinen bei dem weiblichen Geschlechte zeigen, nach derselben Richtung machen.

Zuckerbildende Thätigkeit der Leber geht mit der gallebildenden Hand in Hand, sodass es wahrscheinlich verschiedene Vorgänge sind, welche die Hauptprodukte der Leber liefern. Bei niederen Thieren können es sogar verschiedene Organe sein, welche Zucker und Galle liefern (bei *Limax flava*, BERNARD). Die Gallenabscheidung steigt, wie oben angegeben, vom Moment der Nahrungsaufnahme an, die grösste Steigerung findet aber erst 5—7 Stunden später statt. Die Zuckerbildung steigert sich dagegen nach Aufnahme der Nahrung und sinkt nach Erreichung des Maximums der Gallenabscheidung (BERNARD).

Nach meinen direkten Bestimmungen der täglichen Gallenausscheidung des Menschen wurden ausgeschieden von dem 94 Pfund = 47 Kilogramm schweren Gallen-

	flüssige Galle	feste Galle
	sp. G. 1025	
Beobachtung I.	405 <sup>cc</sup> = 415 Gramm	44,74 Gramm
„ II.	645 <sup>cc</sup> = 661 „	47,34 „
„ III.	595 <sup>cc</sup> = 610 „	20,17 „
„ IV.	601 <sup>cc</sup> = 616 „	46,74 „
„ V.	922 <sup>cc</sup> = 945 „	37,00 „
im Mittel:	636 <sup>cc</sup> = 652 Gramm	20,62 Gramm.

Die quantitative Zusammensetzung des Lebersekretes war in den 5 beobachteten Versuchen folgendermassen:

Tabelle

der in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedenen Gallenbestandtheile in Gramm

	I. (Minimum)	II.	III.	IV.	V. (Maximum)
Gallensäuren . . . .	6,32	6,88	14,48	9,39	17,54
Fett und Cholesterin . . . .	4,67	3,90	0,97	4,76	7,11
Farbstoff und Schleim . . . .	2,04	4,24	2,07	2,94	4,32
Asche . . . . .	4,72	2,32	2,65	2,68	6,58
Summa . . . . .	11,72	17,34	20,17	16,74	37,55

Auf hundert feste Galle berechnet ist die Zusammensetzung des Lebersekretes in 5 Versuchen in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle

der procentischen Zusammensetzung fester Menschengalle.

	I. o/o	II. o/o	III. o/o	IV. o/o	V. o/o
Gallensäuren . . . .	53,4	40,0	71,8	54,9	47,4
Fett { . . . .	44,2	22,5	4,8	40,5	20,4
Cholesterin { . . . .					
Farbstoff { . . . .	17,8	24,4	10,3	19,8	14,4
Schleim { . . . .					
Asche . . . . .	14,6	13,4	13,1	14,8	17,8
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Am auffallendsten sind unter diesen Ergebnissen die sehr bedeutenden Unterschiede im procentischen Fett- und Cholesteringehalt der verschiedenen Gallenportionen.

Es lässt diese Beobachtung auf eine bedeutende Beeinflussung der Zusammensetzung der Galle je nach der Nahrung schliessen, eine Frage, die bisher noch nicht erörtert worden ist, aber eine Erledigung verdient.

Vergleichung der direkt gefundenen Werthe mit den für die Gallenproduktion des Menschen berechneten. — Man pflegte bisher die vom Menschen gelieferten Gallenmengen nach den auf 4 Kilogramm Körpergewicht ausgeschlagenen Gallenmengen, die bei fleischfressenden Thieren aus Fisteln gewonnen hat.

Man glaubte die Annahme machen zu dürfen, dass 4 Kilogramm Mensch in 24 Stunden ziemlich ebensoviel Galle ausscheidet wie 4 Kilogramm Katze oder Hund in der gleichen Zeit.

Aus den Versuchen von Biber und Schmidt berechnet sich, dass 4 Kilogramm Mensch in 24 Stunden im Mittel secernire bei gewöhnlicher Kost

14,5 Gramm flüssige Galle.

4 Kilogramm Hund in 24 Stunden

13—28 Gramm flüssige Galle.

Für den Hund stimmen die Beobachtungen Nasse's mit denen von Biber und Schmidt überein. Nasse fand für 4 Kilogramm Hund in 24 Stunden

12,2—23,4 Gramm flüssige Galle.

Die Zahlen Anselm's sind ziemlich viel kleiner, sie betragen nur 3,1 Gramm — in 24 Stunden. Man hat darauf hingedeutet, dass diese geringen Gallenmengen



erklären, dass bei den betreffenden Versuchen der Gallenabfluss nicht ganz ungehindert sich gehen konnte, wodurch bekanntlich eine Verminderung der Gallensekretion vollkommener Störung derselben hervorgerufen werden kann.

In der anderen Richtung weichen von den bisher betrachteten Werthen für die Gallenbildung der Hunde die Versuche von KÖLLIKER und MÜLLER ziemlich bedeutend ab.

Finden für 1 Kilogramm Hund, auf 24 Stunden berechnet, im Minimum 21,5 Gramm feste Gallenstoffe, im Maximum 36,46 Gramm mit 4,462 Gramm flüssigen Stoffen. In einem jedoch pathologischen Falle fanden sie sogar 53,66 feuchte Gallenstoffe.

Die Versuche leiden mehr oder weniger daran, dass von einigen, kürzere Zeit andauernden Messungen der Gallenausscheidung auf den ganzen Tag gerechnet wurde. Die Produktion steht jedoch so sehr unter dem Einfluss der Verdauungs-Phasen und Erregung, dass eine derartige Berechnung selbstverständlich nicht ohne die grössten Willkürlichkeiten in den Annahmen angestellt werden kann. Die Berechnungen können sonach auf volle Genauigkeit Anspruch machen.

Indem ist es interessant, dass die von uns am Menschen gewonnenen Resultate, soweit sie auf flüssige Gallenstoffe beziehen, mit diesen Ergebnissen der Versuche an Thieren ziemlich übereinstimmen, am besten mit den von BROWNE und SCHMIDT für die Katze gefundenen, mit denen sie, mit Rücksicht auf die natürlichen Schwankungen einer physiologischen Funktion, geradezu identisch erscheinen. Es producirt Gallen:

1 Kilogramm Katze:	1 Kilogramm Mensch:
(berechnet)	(gemessen)
44,5 Gramm.	44,0 Gramm.

Man berechnet aus den mitgetheilten Mittelzahlen für Fleischfresser (Katze und Hund) die Gallenproduktion eines 60 Kilogramm schweren Menschen in 24 Stunden auf etwa 4000 Gramm.

Der Rechnungsvoranschlag wird durch die direkte Beobachtung ziemlich bestätigt, nur die beobachtete Gesamtmenge der Gallenstoffe etwas geringer. Nach unseren Beobachtungen treffen auf einen Menschen von 60 Kilogramm in 24 Stunden

im Mittel.	840 Gramm flüssige Gallenstoffe
im Maximum	1207 „ „ „

In den oben mitgetheilten Gallenbestimmungen an Hunden unterscheiden sich die Bestimmungen von TH. L. W. BISCHOFF mit C. VORR wesentlich dadurch, dass sie sich auf längere Beobachtungszeiten erstrecken, somit die Gallenquantitäten mit grösserer Genauigkeit angeben.

Nach ihren Versuchen schied ein 20 Kilogramm schwerer Gallenfistelhund 4—12 Gramm Gallenstoffe in 24 Stunden aus, im Mittel 9 Gramm.

Die Zahlen sind sehr viel geringer als die Angaben der oben angeführten Autoren.

1 Kilogramm Hund scheidet in 24 Stunden nach BISCHOFF und VORR aus im Mittel

0,43 Gramm feste Gallenstoffe.

1 Kilogramm Mensch nach unserer Bestimmung in derselben Zeit im Mittel

0,44 Gramm feste Gallenstoffe.

Die Werthe passen vollkommen auf einander.

Genau stimmt die Berechnung mit der Beobachtung überein, wenn wir nicht auf das Körpergewicht rechnen, sondern auf das gleiche Lebergewicht.

Die Leber des Gallenfistelhundes, an dem BISCHOFF mit VORR beobachtete, wog nach E. BISCHOFF 777 Gramm, sie producirt im Mittel nach der obigen Angabe 9 Gramm feste Gallenstoffe.

Die Leber eines erwachsenen Menschen wiegt z. B. nach den Wägungen E. BISCHOFF's bei einem Hungerichleteten 1600 Gramm. Da das Lebergewicht unseres Gallenfistelmannes nicht genau zu bestimmen ist, können wir uns an diese Zahl halten. Es würden demnach im Mittel, gleiche Sekretionsintensität für das gleiche Lebergewicht von Hund und Mensch vorausgesetzt, vom Menschen in 24 Stunden nach der Rechnung

**20 Gramm feste Galle**

ausgeschieden werden.

E. Bischoff berechnet die gleiche Grösse für die vom Menschen gebildete Galle. Unsere oben mitgetheilte beobachtete Mittelzahl stellt sich, ganz dieser entsprechend, auf

**20,62 Gramm feste Galle!**

Die Uebereinstimmung der Resultate könnte nicht grösser sein. Sie zeigt uns, dass die rechnerischen Methoden auf gleiches Körper- und Lebergewicht, auf die Bischoff'schen Beobachtungen am Gallenstielhund gestützt, auch für den Menschen ein der Wirklichkeit vollkommen annäherndes Resultat ergeben.

Voit hat nach E. Bischoff's Angabe vorgeschlagen, noch auf eine andere Weise Aufschlüsse zu gewinnen. Es hat sich bei den oben angeführten Untersuchungen gestellt, dass ein Hund beim Hunger 4 Gramm, bei der grössten Nahrungsmenge 9 Gramm feste Galle im Tage bildet, die mittlere Menge bei ausreichender Nahrung 7,5 Gramm. Die Respirationsversuche der Prof. PETTENKOPF mit VOIT ergeben die gleichen Schwankungen für die Kohlenstoffausscheidung durch Haut und Lunge. Bei Hunden, nämlich beim Hunger 78 Gramm, bei reichlichster Nahrungszufuhr 216 Gramm. Die mittlere Menge bei zureichender Nahrung beläuft sich auf etwa 160 Gramm. Es ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Gallenausscheidung steigt und fällt mit der Menge des durch die Athmung entfernten Kohlenstoffs. Bei Fütterung mit Fleisch finden sich im Tag 12 Gramm feste Galle; bei der gleichen Nahrung 10 Gramm Kohlenstoff expirirt. Nach meinen Beobachtungen scheidet ein armer Mensch bei gewöhnlicher Diät im Tag 210 Gramm Kohlenstoff durch Haut und Lunge aus. Daraus würden sich also 17 Gramm trockene Galle berechnen.

E. Bischoff berechnet sonach nach der angegebenen, auf vollkommenen Voraussetzungen beruhenden Methode aus der vom Verfasser bestimmten Respirationsmenge des Menschen für die Gallenausscheidung 17 Gramm, dieselbe Grösse, die wir aus unseren direkten Bestimmungen der Gallenmengen zweimal antreffen, im II. Versuch (II. 47,34 Gramm; IV. 46,74 Gramm). Nach E. Bischoff berechnet auf 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedene Menge von Gallensäuren im Mittel auf die gleiche Zahl, die wir durch Beobachtung gefunden haben.

So bestätigt ein Resultat das andere.

Die direkt beobachteten Werthe der Gallenproduktion des Menschen für 24 Stunden sprechen den auf richtigen Voraussetzungen beruhenden Beobachtungen dieser Beobachtungen an Thieren vollkommen.

Mit aller Bestimmtheit kann ausgesagt werden, dass der Mensch in 24 Stunden wenigstens die oben mitgetheilten Gallenmengen ausscheidet, wenn wir Rücksicht auf einen minimalen Verlust, der durch die Gelbfärbung der Conjunctiva angedeutet

**Der Nutzen der Galle für die Verdauung**

ist ein sehr bedeutender, da die Aufsaugung des Fettes durch sie vorzugsweise ermöglicht wird.

Die Einwirkung der Galle auf das Fett ist von den Wirkungen der Verdauungssäfte auf die Nahrungsstoffe, deren Aufnahme in die Säfte ermöglicht, wesentlich verschieden. Während wir sonst in einer Umwandlung der Stoffe — Stärke in Zucker, Eiweiss in Pepton — die bestehen sehen, hat die Galle auf die neutralen Fette keine chemische Einwirkung. Fettsäuren vermag sie zwar zu lösen, indem sie dieselben an ihre Alkali und verseift, aber diese Fähigkeit kommt nur in geringerer Weise zu



verhältnissmässig wenig Fettsäuren hervorgehend aus der Fettzerlegung im Speichel, im Darm vorhanden sind.

Der Bauchspeichel und der Darmsaft hat auch die Galle die Fähigkeit ungleichmässig feine Vertheilung der Fette, aber in geringerem Grade als die übrigen Sekrete. Unter dem Mikroskope zeigen sich die nach längerem Schütteln Oel mit Galle entstandenen Fetttröpfchen meist noch ziemlich viel grösser als die Zellen des Darmepithels.

Die wichtigste Eigenschaft der Galle für die Fettverdauung besteht darin, dass sie sich mit Fett sowohl als mit Wasser zu mischen vermag. In dem Darm, dass sie in den Darm ergossen, in die Schleimhaut eingesaugt wird und in die kapillaren Oeffnungen der Darmzotten erfüllt, bahnt sie den Weg für den Eintritt. So lange die Zellenmolekularöffnungen nur mit Wasser oder mit wässriger Lösung durchtränkt werden, wie es ja sonst alle thierischen Sekrete sind, so lange kann Fett sich nicht in sie einsaugen, da es sich nicht mit Wasser zu mischen vermag. Erfüllt aber an Stelle des Wassers eine Gallenlösung die Molekularöffnungen, so kann das Fett, indem es sich mit Galle durchdringen (WISTINGHAUSEN). Das Experiment ist an zwei Papierfiltern zu machen, von denen man das eine mit Wasser, das andere mit Galle tränkt; das erste ist für Oel ganz undurchgängig, während das zweite dem Oele den Durchgang gestattet. Die Galle erleichtert auch den Durchgang von Fetten durch die Bohren.

Es ist sonach die Wirkung der Galle auf das Fett, die bei der Lehre von der Verdauung noch näher besprochen wird, eine vorwiegend mechanische. Auch für die Nahrungsvorverdauung hat die Galle einen indirekten Nutzen.

Die Galle hat die Eigenschaft, Lösungen von Eiweissstoffen in sehr verdünnter Salzsäure: Syntonin oder Parapepton so wie die eigentlichen Peptone mit Pepsin zu fällen (BERNARD). Es schlägt die Eiweissstoffe an die Darmwand an, die hier angeklebt den verdauenden Einwirkungen der anderen Sekrete: Bauchspeichel und Darmschleim, für längere Zeit ausgesetzt bleiben, so dass sie besser verdaut, ausgenützt werden können. In schwachen Alkalien fällt der Niederschlag durch die Galle wieder auf. Diese fallende Wirkung der Galle also nur im Magen und oberen Theil des Darms, wo wie oben bemerkt noch saure Reaktion des Inhaltes herrscht, ausüben.

Da das Pepsin durch eine Spur Galle schon niedergeschlagen wird, so wird der Eintritt von Galle in den Magen die Verdauung dort für längere Zeit ganz aufheben.

Es wird von NASSE für die Schweinegalle angegeben, dass sie auch aus Zucker bilden könne. Andere Gallearten, auch die des Menschen, scheinen diese Eigenschaft nicht zu besitzen.

Es wird nur ein kleiner Theil der Galle mit dem Koth ausgeschieden, während eine bedeutende Menge in den Darm gelangt, die Galle wird also im Darm meistens Theil wieder resorbirt, oder umgewandelt und zerstört.

Die Galle verhindert im Koth die faulige Zersetzung. In das Blut aufgenommen (Icterus), stört sie namentlich in den Nerven und Muskeln die normalen Lebensvorgänge, auf denen die mechanischen Leistungen der Organe beruhen. Bewegungen des Herzens sind es zuerst, die unter dieser Gallenwirkung

leiden, sie werden verlangsamt (RÖHRIG). SCHUFF behauptet, dass die Kontraktion der Darmzotten anrege.

**Historische Bemerkungen.** — Die Leberzellen entdeckten DUTROCHET, PYRAUS (1838). Bis in die neueste Zeit wird die Diskussion über den Bau der Leber für wie es scheint, neuerdings durch die oben citirten Untersuchungen von HENRIE wurden. Der Harnstoff in der Leber wurde zunächst von HEYNSIUS, der Zucker C. L. BERNARD 1853 nachgewiesen. HEYNSIUS (1856), LEHMANN, v. BECKER haben BERNARD'S Angaben bestätigt und erweitert. Auch in England und Frankreich BERNARD'Sche Entdeckung eine reiche Literatur hervor. EUG. PELOUZE gab die Analyse des Glycogens, das zuerst BERNARD 1857 aus der Lebersubstanz darstellte. Existenz er schon früher behauptet hatte. Die erste sehr genaue Beschreibung der Blutgefäße in der Leber lieferte 1834 der Engländer KIERNAN, später THIERIAK, G. LIKER u. v. A. Die Muskulatur der Lebervenen fand 1855 BERNARD, REMAK beschrieb die Leberarterie noch in demselben Jahre. BEALE hat zuerst die Lymphgefäße der Leber beschrieben.

Die Untersuchung der Leberthätigkeit und der Galle trat durch die Gallen fisteln in ein neues Stadium, da bis dahin nur Blasengalle zur Untersuchung stand. SCHWANN beschreibt 1844 die erste von ihm beim Hund angelegte Galle fistel. BLONDLOT auch an einer Gallen fistel des Hundes die Menge der im Harn ausgeschiedenen Galle und berechnete daraus für den Menschen 200 Gramm am Tage. Ziffern kamen BIDDER und SCHMIDT mit ihren Schülern (STACKMANN und SCHELLBACH) 1850. Weiter sind hier zu nennen die Untersuchungen von LEHMANN, NASSE, H. MÜLLER, BISCHOFF, VOIT u. A.

Durch die permanenten Gallen fisteln wurden auch sichere Gesichtspunkte für den Nutzen der Galle gewonnen. BLONDLOT und SCHWANN gelang es zuerst, Hundes gallen fisteln längere Zeit am Leben zu erhalten; NASSE bemerkte, dass der von ihnen angelegte Hund sehr gefräßig wurde. Die Gallen fistelhunde waren stets sehr abgemagert, so dass die Zusammenhaltung der Abmagerung mit der gesteigerten Fressbegierde eine unvollständige Absorption eines oder mehrerer wichtiger Nahrungsstoffe im Darm vermuthet werden konnte. Schon früher war auf den Nutzen der Galle für die Fettverdauung hingewiesen (HALLER), man hatte beobachtet (TIEDEMANN und GMELIN), dass dem Chylus die Fettstoffe fehlen, die von dem Fettgehalt desselben herrührt, wenn die Galle nicht in den Darm gelangt. SCHELLBACH und LENZ gelang es, gestützt auf die vorhergehenden Versuche von SINGAULT und NASSE über das Maximum der Fettverdauung bei gesunden Thieren, nicht nur dass eine grössere Nahrungsmenge erforderlich ist für die Verdauung bei Gallen fistelhunden, sondern dass auch das Maximum der aufnehmbaren Fettmenge bei diesen sehr bedeutend herabsinkt. LENZ (1854) arbeitete wie SCHELLBACH (1850) unter Leitung von BIDDER und SCHMIDT. Die gesteigerte Gefräßigkeit der Hunde mit Gallen fisteln, die nach dem Gesagten nur eine geringe Quantität Fett aufnehmen können, sie müssen Fleisch und Kohlehydraten erhalten müssen, ergiebt sich mit Nothwendigkeit aus den Verdauungsgesetzen. LENZ wies nach, dass Fettsäuren durch Galle gelöst werden können, die Fähigkeit des Pankreassaftes zur Fettzerlegung wichtig wird. Von BUNSEN und v. WISTINGHAUSEN wurden die oben angegebenen Einflüsse der Galle auf die Verdauung entdeckt. Den fauligen Geruch des Darmsaftes der Gallen fistelhunde bei Fleisch fütterung stark saure Reaktion bei vegetabilischer Nahrung bemerkte VALESTIS. Die alkalische Reaktion des gallensauren Alkalien im Darm hat LIEBIG aus der Asche der Faeces erschlossen und KUNZE neuerdings nahmen dagegen nur eine Umwandlung der Galle in Gallensäure an, wogegen SCHELLBACH, LEHMANN, E. BISCHOFF auf der LIEBIG'Schen Behauptung beharren.

Auf die Untersuchungen von STRECKER im LIEBIG'Schen Laboratorium ist es unsere Anschauungen über die quantitative Zusammensetzung der Galle. Die Chemiker hatten je nach den verwendeten Methoden verschiedene Resultate erhalten.



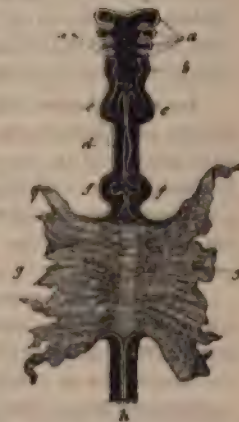
(1807) nannte den Hauptbestandtheil der organischen Stoffe der Galle: «Gallenstoffe». Im (1806) zerfällte diesen nach einer anderen Methode in «Gallenharz» und Picramel. Zudem fand GMELIN in der Galle noch: Cholesterin, Oelsäure, Salzsäure, Cholsäure, etc. BERZELIUS machte darauf aufmerksam, dass die Bestandtheile der Galle sich unter Einfluss verschiedener Reagentien in verschiedener Weise zersetzen. DEMARÇAY beobachtete (1828), dass die Hauptmasse der Galle eine seifenartige Verbindung sei einer eigentlichen Säure, «Gallensäure» (acide cholique) mit Natron. Noch 1840 schliesst sich BERZELIUS ziemlich nahe den Ergebnissen der GMELIN'schen Untersuchungen an, wenn auch die Abhängungen der gefundenen Stoffe verschiedene sind, z. B. Bilin für Picramel etc. Dagegen geht LIEBIG (1843) von der Untersuchung DEMARÇAY's aus. Er hält wie dieser die Galle Hauptmasse nach für eine seifenartige Verbindung der «Gallensäure» (um nicht durch Bilin zu verwirren, nennen wir den deutschen Namen) mit Natron, deren Zerlegung mit in Taurin, Ammoniak und eine neue Säure er fand. Die Unterscheidung der beiden Säuren in der Galle gehört zu STRECKER's Verdiensten. Die Gallenfarbstoffe wurden zuerst von BERZELIUS beschrieben.

Wie J. MÜLLER berichtet, hat WERNER zuerst beobachtet, dass Galle zu Blut gesetzt eine Lösung des Blutroths im Serum bedingen soll. HÖNEFELD machte die Beobachtung, dass Gallen (Bilin, gallensauere Alkalien zum Theil) die Blutkörperchen löse, was in der Folgezeit vielfach bestätigt wurde. KÖNIG denkt daraus schliessen zu dürfen, dass in der Galle Blutkörperchen zerstört werden, deren Farbstoff den Gallenfarbstoff erzeugen könnte. In Gallen fisteln bei dem Menschen wurde vor mir keine Beobachtung über die secretorischen Gallenmengen veröffentlicht.

**Entwicklungsgeschichte.** — Die Leber (KÖLLIKER) tritt bei den Säugethieren (und Menschen) in der dritten Embryonalwoche auf, zunächst nach der Anlage des WOLFF'schen Körpers (Niere). Bei dem Hühnchen zeigt sich die Leber schon in der ersten Hälfte des Bruttags angelegt. Nach BISCHOFF stellt die erste Anlage der Leber bei Säugethieren dar eine kleine doppelte Ausbuchtung der beiden Wände des Duodenums dar. (Fig. 78).

Wie auch beobachtet, wie vor ihm v. BAER und J. MÜLLER, dass auch bei uns die erste Leberanlage beim Hühnchen bildet, als zwei kleine Blindsäckchen, welche unmittelbar hinter der Anlage des Duodenums aus der vorderen Wand des Duodenums herabhängen, zusammengesetzt aus der Darmfaserplatte und dem Mesenteriumblatt (Epithelcylinder). Nach J. MÜLLER verdickt sich die Wandung der Leberanlage sehr bedeutend, sie wächst sehr energisch, umfasst mit ihren beiden Lappen die Lebervene, welche vom Dottersack zum Herzen führt. Aus dieser Vene entwickeln sich reiche Blutgefässe in die Leber. Schon in der vierten Woche ist die Leber des Hühnchens ein grosses, blutreiches Organ, das mit zwei anfänglich grossen Lappen die ganze Breite der Bauchhöhle hinter dem Herzen und vor dem Magen und den WOLFF'schen Körpern einnimmt. Am Ende des dritten Monats nimmt die zu einem kolossalen Organe herangewachsene Leber fast die ganze Bauchhöhle ein. Erst in der zweiten Schwangerschaftshälfte tritt ein geringes Zurückbleiben der Leber im Wachsthum, bei den linken Lappen mehr trifft als den rechten; ersterer bleibt nun etwas kleiner. Nach der Geburt, mit Wegfall der Lebervene von Seite der Umbilikalvene, tritt primär eine rasche Einziehung der Leber ein (cf. unten: Leberprobe), welches bald wieder einer Volumszunahme Platz macht. Durch die Einziehung der aus der Darmfaserseicht abstammenden Faser-

Fig. 78.



Darm eines Hundeembryo von unten vergr. dargestellt. Nach BISCHOFF. a Kleinen- oder Visceralbogen, b Schlund- u. Kehlkopfanlage, c Lungen, d Magen, f Leber, g Wände des Dottersackes, in den der mittlere Theil des Darmes noch weit übergeht, A Enddarm.

schichte der Leberanlage, zu welcher die aus der vena omphalo-mesenterica hergehenden Gefässe kommen, bildet sich die äussere Form der Leber, ihre Mesenterialhühnchen aus (REMAK). Dagegen entwickeln sich von dem Epithel der primären Gänge (dem Darmdrüsenblatt) aus solide Sprossen in die Faserschichte hinein Lebercylinder. Die Bildung des Drüsenparenchyms der Leber (Leberzellen) erfolgt dann zunächst nach dem Schema der Bildung der traubenförmigen oder tubulösen, an welche sich die Leber ja auch im erwachsenen Zustand anschliesst, aus den neuesten Erforschungen (HEISE) gelehrt haben. Die soliden Lebercylinder auch verästeln und verbinden sich (es ist das der Leber eigenthümlich) durch Anastomosen; entsteht zwischen den Blutgefässen eine Netzbildung der Lebercylinder; schon am sechsten Tag sind bei dem Hühnchen alle freien Enden der Lebercylinder verschmolzen und diese in der Netzbildung aufgegangen. Ein analoges Bild fand KÖLLIKER am menschlichen Embryo von 7 Wochen. Die anastomosirenden Lebercylinder anastomosiren nachher mit den feinsten Drüsenkanälen anderer Drüsen; durch die Beobachtung wissen wir nun auch, dass sie in der Folge im Innern, wenn auch sehr zarte (Gallenkapillaren) erhalten, wie jene. Auch die Gallengänge entwickeln sich nach dem Schema der Ausführungsgänge der traubenförmigen Drüsen durch primär solide, später hohlende astförmige Sprossung. Die primitiven Gallengänge sind die Ductus hepatici, der Ductus choledochus entwickelt sich vielleicht (KÖLLIKER) durch ein sekundäres Herkommen aus der Einmündungsstelle der beiden primitiven Gänge. Die Gallenblase entsteht (schon) als eine hohle Aussackung des rechten primitiven Leberganges. Bei Säuglingen schon im zweiten Monat vorhanden.

Sicher ist die Leber schon für das Embryonalleben von grösster Wichtigkeit, allem die grosse Menge Blut beweist, welche dieselbe durchströmt. Die Gallensekretion hat diese Bedeutung gewiss nicht; wir werden wichtige Umwandlungen (cf. Blutbildung) in ihr vermuthen müssen. Die Gallensekretion tritt schon am dritten Fötalmonat bei dem Menschen auf, erreicht aber vielleicht keine Höhe. Gegen die Meinung, dass die Hauptmasse im Darm wieder zur Resorption ist, scheint zu sprechen, dass bei dem Fötus die Galle im Darm sich anhäuft. Im fünften Monat findet sich eine gallenähnliche Materie im Dünndarm, die vor der zum Mastdarm die Därme erfüllt: Meconium, Kindsphech S. 294. Die Galle tritt schon im sechsten Monat an mit Galle.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die Formen der Leber bieten bei Thieren und Wirbellosen eine grosse Reihe von Verschiedenheiten dar, die sich aber alle auf die im Vorstehenden geschilderten Stadien der Entwicklung beziehen lassen. Im Allgemeinen sehen wir primär die Aussackung des Darmrohrs, die sich dann in Schläuche bilden, die dann mit einander in Kommunikation treten und ein Gewebe herstellen, das mehr oder weniger dem der entwickelten Leber entspricht.

Zuerst sind zu nennen eine Anzahl von Thieren, bei denen die Leberzellen theilbar in der Magen- oder Darmwand finden. Dieses Verhalten zeigt sich selbst bei den ersten Wirbelthieren (Branchiostoma lubricum = Amphioxus, J. MÜLLER), die die Speiseröhre in einen weiteren Theil des Darms, der in seiner inneren Wand eine braungrüne Masse (Galle) gefüllten Zellen trägt, die mit einer scharfen Grenze gegen die Schleimhaut sich absetzen. Analog bei mehreren Arthropoden (z. B. Larven von Formicarius), Rotatorien, Ringelwürmern (Nais, Lumbricus) (LEYDIG). Nach der Beschreibung LEYDIG's ähnelt die Anlage des Darmepithels und der Leberzellen bei diesen Thieren der Beschreibung, die ROLLETT und HEIDENHAIN neuerdings von den Leberzellen haben. Das Lumen des Darmrohrs wird von einer farblosen Zellschicht abgegrenzt; hinter diesen, durch sie vom Lumen des Darms getrennt, liegt die Schichte der Leberzellen.

Von den wirbellosen Thieren besitzen Krebse, Arachniden und Mollusken eine vom Darm getrennte Leber, immer besteht sie aus der bindegewebigen Grenzschicht



Blonszellen, embryonalen der Anlage bei dem Menschen entsprechend. Einerseits ist die Leber aus wenigen kürzeren, unverzweigten Blindsäcken zusammengesetzt (Entomastrakon, Isopoden). Ihre spärlichen Blindsäcke verlängern sich entweder zu langen Schläuchen (Isopoden, Amphipoden unter den Mollusken bei *Cressis*) oder sie verästeln sich, ohne zu anastomosiren, und werden sehr zahlreich wie bei den Cyrtipeden und höheren Krebsen. Hierher gehören die Lebern der Bivalven, mancher Gastropoden und Heteropoden. Dadurch dass verästelten Leberfollikel anastomosiren, entstehen endlich andererseits Leberbildungen, die die Leber der (höheren) Wirbelthiere erinnern (*Limax*, *Paludina vivipara* und andere Mollusken, noch mehr bei *Thetys*, *Doris* etc.) (LEYDIG). Von allgemeinem Interesse sind die Muskellagen, welche LEYDIG sowohl im Bauchfellüberzug der Leber als auch an Leberfollikeln bei *Paludina* aufgefunden hat. Um die Leberschläuche mancher Krebse (*Gammarus* etc.) verlaufen sie zumeist in regelmässigen Cirkularlagen.

Unter den Wirbelthieren ist bei dem schon oben erwähnten *Amphioxus* neben dem Leberzellen tragenden Theile der Darmschleimhaut noch ein auch als Leber zu deutender Schlauch des Darmrohrs vorhanden (J. MÜLLER), der mit denselben Zellen ausgekleidet ist. Entsprechend der doppelten Anlage der Leber (cf. Abbildung) bei dem Embryo erhalten bei den Myxinen beide Hälften von einander getrennt. Bei manchen Fischen und den Säugethieren zeigt sich dagegen gar keine Lappenbildung. Entsprechend der embryonalen Anlage der Gallengänge sehen wir bald diesen Zustand fortbestehen, oder es bildet sich bei dem Menschen und einzelnen Säugern ein einfacher Gang zum Darmrohr, oder es bilden sich Rückbildungen der primären Ausführungsgänge ein, wodurch Kanäle zweiter Ordnung Ausführungsgängen werden, die dann in grosser Zahl auftreten (GEGENBAUER). Zwei Gallengänge hepato-enterici finden sich in der Regel bei den Vögeln, wovon dann einem die Gallenblase angefügt ist. Wo mehrfache Ductus hepato-enterici vorhanden sind, da bilden diese ein Gallengangnetz unter einander (Schlangen, Eidechsen). Die Gallenblase tritt als eine Aussackung irgend eines der Gallengänge auf und nicht als konstantes Gebilde. Sie fehlt bei einer Anzahl von Thieren; unter den Säugethieren gehören hierher die Einhufer, ferner Fische, Kameele, Elefant, Nashorn, Hamster, viele Mäusearten, *Castor*, *Tardigrad*, *Walthiere*. Das Fehlen zeigt sonach keine Gesetzmässigkeit. Beim Pferd und Elephant ist die Ausführungsgänge der Leber sehr erweitert. Unter den Vögeln fehlt sie dem Papagei, Strauss, Taube, Haselhuhn. Unter den Fischen fehlt sie der Lamprete (J. MÜLLER). Bei Teleostiern stellt sie einen langen Blindkanal dar. Sie kann auch in der Lebersubstanz verborgen sein (GEGENBAUER).

Bei Selachiern und anderen Fischen ist die Leber ganz ungemein fettreich, sodass die Fettsäure bei manchen Thieren die Hauptfunktion der Leber scheint. Wenn man in die Leber der *Chimaera monstrosa* Einschnitte macht, so sammelt sich in ihnen sogleich Fett an. Bei dem Stör wechselt reichliche Fettfüllung der Zellen mit Fettarmuth, wobei die Zellen nur feine Punktmassen enthalten. Nach LEYDIG's merkwürdiger Beobachtung ist die dann sehr fettreiche Leber von *Paludina vivipara*, wenn sie sich im Monat November zum Winterschlaf vorbereitet, Fett in den Magen abzusondern, sodass eine gewisse Analogie der Leberabsonderung mit der Absonderung der Talgdrüsen zu Tage tritt. Es ist bekannt, dass durch reichliche Nahrungszufuhr und mangelnde Muskelbewegung ein allgemeiner Fettreichthum der Leber eintritt (bei Gansen etc.).

In der Menschengalle wechselt das Verhältniss der Menge der beiden Gallensäuren zu einander offenbar in weiten Grenzen. V. GORUP-BESANEZ fand in ihr reichlich taurocholsaures Natron, dagegen E. BISCHOFF, LOSSEN und ich vorwiegend glycocholsaures Natron. Entspricht ein geringer Schwefelgehalt der Menschengalle. Die Hundegalle soll nur taurocholsaures Natron enthalten (HOPPE-SEYLER), die Känguruh-Galle fast nur glycocholsaures Natron (SCHLOSSBERGER), wenn hier die Gallensäure nicht wie oben vom Schwein (und Kanarienvogel) angegeben, eine eigene Modifikation zeigt. Die übrigen untersuchten Gallen von Säugethieren zeigen sich, wie es scheint, aus beiden Gallensäuren gemischt. Dagegen scheint die Schlammgalle auch nur aus taurocholsaurem Natron zu bestehen (SCHLOSSBERGER).

Die Galle der Fische enthält auch vorwiegend Taurocholsäure; diese ist bei den Fischen nicht mit Natron, sondern mit Kali verbunden. Während bei den Säugethieren das Kali in der Gallenasche sehr zurücktritt, findet sich auch bei den Süßwasser-Schildkröten Natron neben mehr Kali. Diese wechselnde Vertheilung ist sehr bedingt, da sie den Ernährungsbedingungen entgegengesetzt ist, welche gerade den Süßwasserthieren reichlich Natron zuführen.

Ueber die in 24 Stunden von 1 Kilogramm Thier abgesonderten Gallenmenge folgende kleine Tabelle Aufschluss:

1 Kilogramm:	secernirt in 24 Stunden Galle:		
	feucht	trocken	
Mensch (direkt bestimmt)	14,0	0,44 Gramm	J. RANKE
Kaninchen (berechnet)	136,8	2,47 „	„
Meerschweinchen . . .	164	3,28 „	„
Hund . . . . .	20,0	0,98 „	(BINDER und SCHMIDT)
Katze . . . . .	14,5	0,82 „	„
Schaf . . . . .	25,3	1,34 „	„
Gans . . . . .	14,8	0,82 „	„
Kröte . . . . .	72,1	5,26 „	„

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Die Veränderung des Lebergewichts nach der Geburt hat zur Aufstellung der sogenannten »Leberprobe« der gerichtlichen Medicin geführt, aber bei den grossen stattfindenden Schwankungen im Lebergewichte und in dem zum Körpergewichte sehr wenig entscheidende Aufschlüsse machen kann. Das Verhältniss des Lebergewichts zum Körpergewichte ist am Ende der Schwangerschaft 1:10, bei wachsenden 1:36, beim Neugeborenen 1:20. Das oben erwähnte Kindspeck ist ein Gemisch verschiedener Sekrete, und zwar der Leber, der Bauchspeicheldrüse, der Darmschleimhaut gemischt mit Vernix caseosa von der Embryohaut, welche vom Fruchtwasser von Zeit zu Zeit eingeschluckt wird. Daher stammen auch die von FÖRSTER nachgewiesenen Epidermisplättchen, Härchen und Fettkügelchen. In dem Kindspeck bestanden lassen sich Gallensäuren, Farbstoff und Cholesterin nachweisen. Das Kind reagirt schwach sauer. Gase enthält der Embryonaldarm nicht.

Bei Krankheiten findet man hie und da die Gallenabsonderung ganz oder theilweise aufgehoben, wenn diese mit starker Reduktion der Blutmasse Hand in Hand gehen, wie bei Typhus. Es ist gefunden, dass in solchen Fällen der schleimige Gallenblaseninhalt weder Gallensäuren noch Gallenfarbstoff enthält. Bei Blutungen cessirt ebenfalls die Gallenabsonderung ganz oder wird mehr oder weniger vermindert, wie mir direkt darauf gerichtete Versuche an Thieren gelehrt haben. Bei Cholera, Morbus Brightii (Nierenexstirpation bei Thieren) findet sich in der Galle Harnstoff; in saurerer Galle fand man Milchsäure, bei Typhus: Leucin. Bei Diabetes mellitus soll sich Zucker in der Galle finden; hie und da Blut, Eisen, Arsenik-, Kupfer- und Zuckersalze, Jodkalium, Ferrocyankalium, gehen, in den Urinen geföhrt, in die Galle über. Diese Stoffe finden sich dann auch im Lebergewebe selbst. Anders häufig findet man Leucin und Tyrosin, das man früher für charakteristisch für Lebererweichung angesehen hatte. Während der Fettgehalt der Leber normal etwa 2—3, 5% schwankt, steigt er bei Fettleber bedeutend (FRIEDRICH, BIERA). Bei Diabetes ist der Zuckergehalt der Leber vermehrt. Man glaubte früher, dass sich die oben erwähnten schweren Metalle und namentlich auch das Quecksilber in der Leber im Körper anreichern. Nach Sublimatschmierkuren habe ich noch Wochen und Monate nach der Heilung nicht nur in der Leber, sondern vor allem in den Lymphdrüsen des Darms, in den Gehirnen, Rückenmark und peripherischen Nerven (Brachialis), Milz, aber auch doch sicher vorhanden, in den Stammmuskeln und dem Herzen Quecksilber nachweisen können (Knochen, Knochenmark und Haut wurden leider nicht untersucht). In der ganzen Leber, vor allem Nervensubstanz und Drüsen, noch unter der Quecksilberwirkung gestanden hatten.



Die Galle nachzuweisen bestimmt man meist nur den Gallenfarbstoff (Bilirubin) qualitativ z. B. im Harn bei Icterus (cf. Harnfarbe). Mit rauchender Salpetersäure geht durch Oxydation der Farbstoff zuerst in eine grüne (Biliverdin), dann blaue, dann rubinrothe und endlich schmutzig-gelbe Modification über. Um eine Flüssigkeit auf Farbstoff zu prüfen, bringt man davon etwa einen Zoll hoch in ein Probirröhrchen, und man dieses nun stark neigt, giesst man vorsichtig, damit sich die beiden specifisch leichten schweren Flüssigkeiten möglichst wenig mischen, etwas concentrirte Salpetersäure, die auf den Boden des Gläschens sinkt. An der Grenze der beiden Flüssigkeiten sieht man dann die genannten Regenbogenfarben auf, wenn Gallenfarbstoff vorhanden ist (Guthe'sche Probe). Sehr häufig bildet sich auch bei nicht gallenhaltigen Harnen ein rother Ring an der Grenze der wie oben zugegebenen Salpetersäure. Man darf einen Gallenfarbstoffgehalt annehmen, wenn auch Grün und Blau mit Roth sichtbar ist. Sputa, Erbrochenes etc. kann man auf Gallenfarbstoff ebenso direkt wie den Harn.

Auch die Prüfung auf Gallensäuren ist sehr einfach. Flüssigkeiten, die grössere Mengen von Galle enthalten, kann man direkt mit der PETTENKOFER'schen Probe darstellen, z. B. galliges Erbrochenes, dagegen fast niemals Harn. Diese Probe stützt sich darauf, dass bei Behandlung einer Cholsäurelösung mit etwas Zuckerlösung und concentrirter Schwefelsäure sich diese unter freiwilligem Erwärmen tief purpurroth färbt. Am besten bringt man zuerst etwas Schwefelsäure in ein Probirröhrchen, dann darauf die Lösung gallensaurer Salze und zuletzt etwas (wenig) Zuckerlösung. Nun schüttelt man, und die Färbung tritt auf das Schönste auf auch bei geringem Gehalt an Gallensäuren.

Nach NETZSCH bringt man die verdünnten Flüssigkeiten: je ein Tropfen Gallenlösung, wenige Schwefelsäure und Zuckerlösung auf einen Porzellanschälchen, rührt sie zusammen mit einem Glasstab und verdunstet nun bei gelindeste Wärme (auf kleinster Flamme, häufigem Wegziehen, sowie die Hitze sich steigert, und Blasen auf die verdunstende Flüssigkeit zur Trockne; es tritt dann eine Rothfärbung des Rückstandes ein, wenn Spuren Gallensäuren vorhanden waren. Hat man nur etwas grössere Flüssigkeitsmengen zur Verfügung, so scheint die obige Methode vorzuziehen.

Rein weiss färbt sich unter denselben Bedingungen roth. Geringe Mengen von Gallensäuren kann man meist im Alkoholauszug der Flüssigkeiten, nachdem man diesen noch durch Aether abgezogen, aufzusuchen.

Der Nachweis der Cholesterine geschieht mittelst des Mikroskops, das die charakteristischen Cholesterintafeln zeigt (cf. Abbildung S. 280). Makro- und mikrochemisch kann man sie nachweisen nach der Methode von J. MOLESCHOTT. In einem Gemisch von 5 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser (man setzt die Schwefelsäure allmählich zum Wasser!) färben sich die Ränder der Cholesterintafeln karminroth; die Tafeln werden mehr oder weniger zerstört; an der Luft geht die Farbe in 2 Stunden in Gelb über, nach 6 Stunden ist sie verschwunden.

Für die ärztliche Untersuchung sind die Gallensteine von besonderer Wichtigkeit, weil nach Gallensteinkoliken im Kothe gefunden werden und allein die Diagnose absolut feststellen. Sie haben dann dem Durchmesser der Gallengänge entsprechende Dimensionen. In der Gallenblase kommen oft sehr grosse einzelne Steine vor oder sehr viele kleinere, die sich durch gegenseitiges Abreiben polyedrisch facettiren. Sie zeigen sich krystallinisch schalig angeordnet oder nicht krystallinisch, beidemal verhältnissmässig wenig gefärbt (Cholesterin). Manche sind dagegen sehr dunkel gefärbt: schwarz, dunkelgrün, gelblichbraun (Bilirubin-kalk). Selten bestehen Gallenkonkrete vorzugsweise aus organischen Salzen: phosphorsaurerem und kohlensaurerem Kalk. Gallensäuren können nicht regelmässig in ihnen nachgewiesen werden. Nach v. GONN-BESANZ verfährt man bei chemischer Analyse der Gallensteine nach folgendem Schema:

Die Probe, die man sich durch Abschaben einer geringen Menge des Steines verschafft, verbrennt auf dem Platinblech, über der Gas- oder Weingeistflamme erhitzt, mit hellblauer Flamme. Sie ist wenig gefärbt und besitzt deutlich krystallinisches Gefüge oder

ist schalig und nicht krystallin, ist in heissem Alkohol löslich, krystallisiert beim Erkalten in perlmutterglänzenden Blättchen, die unter dem Mikroskop (man übt einen Tropfen der alkoholischen Lösung auf dem Objektglas der freiwilligen Verdunstung) die bekannte Gestalt der Cholesterinkrystalle zeigen, Cholesterin. Man konstatiert die MOLESCHOTT'sche Cholesterinprobe.

2. Die Probe besitzt eine dunkle Farbe, ist bröckelig, ockerartig und verstrahlt nach dem Verbrennen ein scharfes Geruch.

a) in Alkohol und Wasser wenig löslich, löslich in Kali mit dunkelbrauner Flüssigkeit. Die GMELIN'sche Probe (cf. oben) weist Gallenfarbstoff nach.

b) in warmem Alkohol löslich. Man verdunstet die alkoholische Lösung und den Rückstand mit Wasser. Die so entstandene wässrige Lösung gibt die PETTENGER'sche Probe (cf. oben).

Auf einen Gehalt an Gallensäuren prüft man stets auf diese Weise auch die Gallensteine, indem man den Rückstand des Alkoholauszugs mit Wasser behandelt, die dazugehörige Lösung durch ein kleinstes Filter abgiesst und nun nach der PETTENGER'schen Probe prüft. So konnte ich in allen Gallensteinen, die ich untersuchte, Gallensäuren in grosser und geringerer Menge nachweisen. Auch der Nachweis der Gallenfarbstoffe nach der Methode a) auch bei wenig gefärbten Steinen kaum jemals.

Steine von vorwiegend erdigem Gehalt lassen bei dem Verbrennen auf dem Platinblech einen bedeutenderen Rückstand, der nach den für die Harnsteine unten angegebenen Methoden näher zu prüfen ist.

### Verdauung im Dickdarm.

Unter der Einwirkung der verschiedenen beschriebenen Sekrete legt sich der Speisebrei immer mehr verändernde Speisebrei seinen Weg durch den Dünndarm und gelangt in den Dickdarm.

Man hat das Coecum seiner Gestalt nach als einen zweiten Magen angesehen und so wie jenen als ein Centralorgan der Verdauung. Da man den Inhalt des Coecums häufig sauer reagierend findet, so schien auch eine saure Absonderung der Coecumschleimhaut die Analogie noch zu unterstützen. Es ist mit aller Sicherheit erwiesen, dass das Sekret der Coecumschleimhaut alkalisch reagiert und sich von dem Sekrete der sonstigen Darmschleimhaut nicht unterscheidet. Die saure Reaktion im Coecuminhalte hat ihre Ursache in einer Gärung, welcher vegetabilische Stoffe an dieser Stelle im Darmlumen unterliegen. Die Säure tritt hier demnach im Coecum auch am stärksten bei rein vegetabilischer Nahrung hervor.

Beim Menschen gelangen in den Dickdarm noch unverdaute Reste der aufgenommenen Nahrungsstoffe, man findet in seinem Inhalt noch unzersetzte Eiweissstoffe, Fette, Stärkemehl etc. Der abgesonderte Darmsaft wird durch die noch fort und fort auflösend wirkenden, da er auch an diesen Darmstellen die oben beschriebenen verdauenden Eigenschaften: Peptonbildung und Zersetzung aus Eiweissstoffen und Stärke besitzt. Stets finden sich hier Bismut und Milchsäure als Zersetzungsprodukte des Zuckers.

Die Aufsaugung im Dickdarm ist eine noch sehr lebhaft, wofür der Reichthum an geschlossenen Follikeln besonders im Wurmfortsatz des Blinddarms spricht; der Wasserverlust des Speisebreies, der ihn zum Koth umwandelt, tritt hier vor sich. Der Versuch, bei sonst behinderter Nahrungsaufnahme eine Entleerung durch Klystiere zu ermöglichen, ist vollkommen gerechtfertigt. Es



ungen Erfolge dieser Ernährungsweise weniger dafür zu sprechen, dass die Bewegung im Dickdarm nur gering sei, als vielmehr dafür, dass die Klystiere meist nach unrichtigen Ernährungsgesichtspunkten chemisch gemischt sind. Die Quantität von Darmsaft, die im Dickdarm abgesondert wird, ist sehr gering. Er stammt aus denselben Drüsen, die wir auch im Dünndarm liefern sahen: aus LIEBERKÜHN'schen Drüsen. Aus Dickdarmfisteln fliesst er aus; in abgebundenen Dickdarmschlingen sammelt sich eine schleimige Flüssigkeit an. Zu den Abbindungsversuchen eignet sich der wurmförmige Anhang des Dickdarms bei Kaninchen sehr gut, da bei ihnen dieses Organ eine bedeutende Länge erreicht. FUNKE gewann 2—4 Stunden nach der Abbindung einen Saft, der den wurmförmigen Anhang strotzend füllte, von trüber Beschaffenheit und alkalischer Reaktion. Die Zusammensetzung des filtrirten Saftes war:

Wasser . . . . .	98,59 $\frac{9}{10}$
feste Stoffe . . . . .	1,41 „
davon Asche . . . . .	0,47 „

Der Saft veränderte geronnenes Eiweiss weder innerhalb noch ausserhalb des Körpers. Der filtrirte Saft verwandelte Stärke in Zucker. Der unfiltrirte Saft, der noch abgestossene Cylinderzellen und Pflanzenreste aus der Nahrung enthielt, setzte den entstandenen Zucker noch weiter in Milchsäure und Buttersäure um, durch Gährung, wie sie auch im lebenden Wurmfortsatze erfolgte, und er mit Stärke gefüllt wurde.

### Der Koth.

Am seinem Eintritt in das Coecum an verwandelt sich der Darminhalt nach und nach in den Koth, den wir im Rectum fertig gebildet finden.

Der Rest des Speisebreies verliert an Wasser, die Farbe — von den verschiedenen Gallenfarbstoffen herrührend, die hier die Salpetersäurereaktion nicht zeigen — wird bräunlich, immer dunkler, der eigenthümliche, widerliche Geruch, je nach der Nahrungsweise verschieden, tritt hervor. Die Reaktion wird durch die, wie oben erwähnt, durch Gährung gebildeten Säuren: Buttersäure und Essigsäure, fast immer wieder sauer, nachdem sie im Inhalte des Coecums durch die Zumischung der alkalischen Sekrete nach und nach von sauer nach innen fortschreitend alkalisch geworden war. Flüchtige Fettsäuren, vor allem, welche den Kothgeruch erzeugen, gemischt mit den übelriechenden Produkten der Pankreasverdauung.

Der Koth wird gewöhnlich als der unverdauliche Nahrungsrest aufgefasst. Das Mikroskop und die Chemie weisen leicht nach, dass in ihm neben den unverdaulichen auch noch unverdaute, an sich verdauliche Stoffe vorhanden sind. Das mikroskopische Bild, welches Menschenkoth nach verschiedener gemischter Kost zeigt, ist sehr mannichfaltig: gelbgefärbte, zerstückelte Muskelbündelchen, Bindegewebe, elastische Fasern, Käsestückchen, Stückchen von hartem Eiweiss; Pflanzenreste: Spiralfasern, Zellen mit Chlorophyll, Stärkekörnchen etc., dazwischen auch von Fettsäuren, manchmal die charakteristischen Tafeln der Cholesterin-Verbindungen.

Im flüssigem Koth finden sich auch mehr oder weniger zerstörte Cylinder-

Schon die letzteren Elemente zeigen, dass der Koth nicht allein Nahrungsresten besteht, sondern dass ihm auch vom Darne aus noch Stuhl mischt werden. Ausser den abgestossenen Epithelzellen mit ihrem Inhalt wir in ihm auch die Ueberbleibsel der in den Darm ergossenen Verdauung, welche zwar zum Theil, aber nicht vollständig wieder resorbiert werden, fehlt im Koth niemals. Ausser den veränderten Gallenfarbstoffen findet man im normalen Koth immer auch noch ein Theil der Gallensäuren theils unverändert, theils zersetzt vor. Die Glykocholsäure und die Taurocholsäure unterliegen der Spaltung, als deren Produkte freie Cholsäure und deren Umsetzungsprodukte, Dinsäure und Dyslysin entstehen.

**Zur Untersuchung des Koths.** a. Physiologisches Verhalten. — Die Zusammensetzung des Menschenkoths ist natürlich je nach der Nahrung sehr verschieden. Nach sehr bedeutender Fleischkost fand ich ihn fast genau von der Zusammensetzung des Fleisches, das Mikroskop zeigte nur unverdaute Fleischfasern, theils wohl erhalten, theils in den verschiedensten Formen der Maceration und des Zerfalls. Wenige krystalline Salze von Fettsäuren (?) waren eingemischt.

Vergleichen wir die Zusammensetzung des Fleisches mit dem Fleischkoth, so zeigt sich die nahe Uebereinstimmung deutlich:

Fleisch:	Fleischkoth vom Menschen:
(VOIT und BISCHOFF)	(RANKE)
C 54,95	54,7
N 14,44	13,2
H 7,48	—
O 24,37	—
Salze 5,39	11,9

Die Uebereinstimmung wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, dass mit 40% Fett genossen wurden, daher rührt die etwas höhere Kohlenstoff- und etwas niedrigere Stickstoffzahl. Im aschenfreien Fleische beträgt der Stickstoffgehalt 14,9%, im Fleischkoth 13,9%. Der Kohlenstoff in letzterem 62,4%.

Bei einer Nahrung von:

250 Gramm Fleisch	} = 15,22 Gramm N und 228,7 Gramm C
400 „ Brod	
70 „ Stärke	
70 „ Eiereiweiss	
70 „ Schmalz	
30 „ Butter	
10 „ Salz	
2100 „ Wasser	

zeigte mir der Koth folgende Zusammensetzung:

Wasser	74,07%
feste Stoffe	25,93%
von letzteren Asche	11,8%

Die Elementaranalyse ergab:

C	46,99
N	5,03
H	6,50
O	29,68
Salze	11,80
	100,00



Die quantitative chemische Zusammensetzung mag eine Analyse von BERGMANN, die an Menschenkoth angestellt wurde:

Wasser . . . . .	75,3
feste Stoffe . . . . .	24,7
gallensauere Salze . . . .	0,9
Schleim und Gallenharze .	14,0
Albumin . . . . .	0,9
Extraktivstoffe . . . . .	5,7
natürliche Speisereste . .	7,0
Salze . . . . .	1,2

Der Wassergehalt des Menschenkoths fand ich sehr gleichbleibend zwischen 75% der trockenen Substanz schwankend. Er besteht der Hauptmasse nach aus Wasser und Kalksalzen, während die Kali- und Natronsalze zurücktreten.

Die Asche von Menschenkoth fand PORTER:

Chlornatrium . . . . .	4,33
Kali . . . . .	6,10
Natron . . . . .	5,07
Kalk . . . . .	26,46
Magnesia . . . . .	10,54
Eisenoxyd . . . . .	2,50
Phosphorsäure . . . . .	36,03
Schwefelsäure . . . . .	3,13
Kohlensäure . . . . .	5,07

Der Wassergehalt des normalen Koths beträgt etwa 75%, er kann aber durch Zurückhalten im Darm viel an Wasser verlieren, oder bei rascher Entleerung noch weit wasserreicher sein. Täglich werden vom Menschen etwa 30 Gramm feste Stoffe im Koth abgegeben. Die festen Kothstoffe sind meist unlöslich in Wasser.

Die in der Nahrung genossene organisch saure Salze erscheinen im Koth in kohlensauerer Form wieder.

Pathologisches Verhalten des Menschenkoths. — Die häufigste pathologische Veränderung des Koths besteht in der abnormen Zunahme an Wasser bei Diarrhoe. Der Grund dieses Wasserreichthums scheint oft nur darin zu bestehen, dass der Koth so rasch den Darm passiert, dass sich nicht genügend Zeit zur Aufsaugung seiner Bestandtheile findet. Auf diese Weise können den Organismus enorme Flüssigkeitsmengen entweichen, da in 24 Stunden nach BIDDER und SCHMIDT 10 Liter Wasser allein aus den Verdauungssaften (Speichel, Magensaft, Galle, Bauchspeichel, Darmsaft) in den Darm eintreten. Auch eine Anzahl von Abführmitteln scheint in dieser Richtung zu wirken (THURBERG). Es wäre aber falsch, anzunehmen, wie man es gegenwärtig häufiger thut, dass der einzige Grund der Diarrhöen sei. In vielen Fällen vermag der Darm mit seinem Epithel die Gewebsflüssigkeiten nicht zurückzuhalten, wozu nur das normale Epithel im Stande ist (J. RANKE). Es findet dann eine Transsudation von Flüssigkeit in das Darmlumen statt mit allen chemischen Eigenschaften jener Flüssigkeiten, wie z. B. Salze des Blutes etc. Meist erfolgt nebenbei auch noch ein rascherer Durchgang durch den Darm, wodurch dem Darmexsudat auch grössere oder geringere Mengen unveränderter Verdauungsflüssigkeiten: Galle, Pankreassekret, beigemischt werden. Die Galle erkennt man leicht nach der Gmelin'schen Probe. Das zersetzte Pankreas zeigt unter Zusatz von Chlorwasser eine rosenrothe Farbe an; dieselbe Farbe tritt auch bei eiweiss- und schleimhaltigen Darmentleerungen auf. Vermehrung der Schleim- und Galle im Dickdarm bringt sehr schleimhaltige Darmentleerungen hervor. In einem chronischen Stuhl entdeckte LIEBIG: ALloxan ( $C_4H_2N_2O_4$ ), ein Zersetzungsprodukt der Harnsäure, welches der eintrocknenden Masse von selbst eine rothe Färbung ertheilt.

theilte. Da Alloxan in Harnstoff überzugeben vermag, so ist dieser Fund einer Verbindung zwischen Harnsäure und Harnstoff im Organismus für die Theorie der Harnstoffgrosser Wichtigkeit.

Bei Darmkatarrhen finden sich hie und da so massenhaft abgestossene Cylinder, dass der flüssige Koth dadurch ein milchiges Ansehen erhält (Chylorrhoea), das durch massenhafte Beimengung von Eiter- und Schleinzellen erfolgen. Bei acuten Processen im Darne finden sich natürlich Gewebsreste auch im Koth, ebenso krankhaften Neubildungen, Blutkörperchen, geronnener Faserstoff (Blut). Bei chronischen, Ruhr etc. wimmelt die Darmentleerung von unzähligen niedersten Organismen (thierisch gebildet [cf. Harn und Infusorien, die ersteren finden sich auch sonst in grosser Menge regelmässig vor]). In alkalischen Stühlen bei Typhus, Ruhr findet sich sehr reichlich die »Sargdeckel« der phosphorsäueren Ammoniak-Magnesia-Komplexe (Harn).

Die Exkremente nach Calomelgebrauch enthalten häufig unzersetzte, durch Litm'schen Probe nachweisbare Galle, beinahe konstant; nach Eisengebrauch häufig Koth Schwefeleisen.

Die Darmentleerungen bei Ruhr (Dysenterie) sind der Hauptmasse nach reich an Albumin, Kochsalz. Sie enthalten meist geringere oder grössere Mengen derte Galle. Solche Stühle werden zweischichtig hie und da dreischichtig, mit festeren Partien. Blut, Eiter, Schleim, Epithelien, Krystalle, Speisereste, Körner meist bräunlich gefärbt, zu Boden senken, während eine trübe (oft nur von Fäulnis getrübt) seröse Flüssigkeit oben steht. Dasselbe ist bei Typhus der Fall. Stuhl, wie meistens, flüssig ist. Letzterer ist sehr stinkend, da die Gallenproben leiden (cf. oben S. 294), stark alkalisch. Der Bodensatz besteht aus den angegebenen Stützen, unter denen nur meist das Blut fehlt. Die Flüssigkeit enthält Albumin und Chloralkalien, aber meist keine Galle. Die Typhusstühle behalten den Charakter, die bei Ruhr mehr und mehr verschwinden.

Die Choleraentleerungen aus dem Darm sind ebenfalls Transsudate mit beigemischten Darmepithelien, die ihnen das charakteristische »reiswasserähnliche« ertheilen. Sie enthalten wenig gelöstes Eiweiss, aber viel Kochsalz und keine Salpetersäure färben sie sich rosenroth wie die Typhusstühle.

Bei Ikterus, durch Verhinderung des Gallenabflusses in den Darm, hat der Koth eine weissgraue Farbe, riecht faulig und ist ungemein fettreich; enthält keine Reste der Galle.

Die hellgelben, hie und da grünlichen Exkremente der Säuglinge bestehen aus Fett, unverdautes geronnenes Casein, unveränderte Galle. Von dem Meconium (cf. oben S. 294) die Rede. Bei dem Ikterus der Neugeborenen, der normal im Leben eintritt, sind die dazu gehörigen Exkremente getrennt noch nicht untersucht.

Die Farbe des Koths ist normal bei gemischter Kost gelbbraun oder bräunlich, bei Milchgenuss gelb, nach Calomel grün, da das Schwefelquecksilber in der Masse grün erscheint, nach Eisenpräparaten grün oder schwarz; letzteres auch nach reichlichem Genuss von Schwarzbeeren (Heidelbeeren *Vaccinum myrtillus*). Nach Einnahme von Jod sind sie grün. Schwarzblaue Partikeln fand ich im Koth nach Gebrauch von Jodstärke. Rhubarber und Safran färben den Koth lichtgelb, Blut roth, rothbräunlich. Den Grastressern rührt die grüne Farbe des Koths von Chlorophyll her.

#### Die Salze des Koths.

Die überwiegende Menge der anorganischen Bestandtheile des normalen Koths sind, wie die oben mitgetheilte Analyse derselben lehren kann, Kalk- und Phosphorsäure. Die löslichen Salze werden aus dem Darmsaft von



Die unlöslichen Aschenbestandtheile der organisirten Stoffe sind mit einer innigen Verbindung. Fast alle Eiweisssubstanzen der Pflanzen und der Thiere liefern bei der Veraschung neben phosphorsauerem Kali die unlöslichen Salze des Kalks und der Magnesia mit Phosphorsäure, die an sich nur in Wasser löslich sind. Ihre innige Verbindung mit den organischen Substanzen lässt hervorkommen, dass sich diese zum Theil in Wasser, zum Theil in alkalischen Lösungen auflösen, ohne ihre Phosphate auszuschleiden, ebenso wenig findet man bei der Lösung derselben im alkalischen Pankreas- oder Darmsaft. Durch die Verdauung werden diese Salze von den organischen Stoffen getrennt, mit denen sie verbunden waren, das Resultat der Verdauung ist also die Bildung von leicht mehr löslichen Salzen, die sich nun z. B. als phosphorsauere Ammoniomagnesia ausscheiden können. Soweit diese aufgenommen werden, treten sie noch mit den verdauten Eiweissstoffen verbunden in die Saftmasse ein, das Eiweiss zu ihrer Verdauung besondere Wichtigkeit erhält. Die meist saure Reaktion des Dickdarminhalts begünstigt eine theilweise Aufnahme derselben, ebenfals, wie die Reaktion des Magensaftes.

Man hat darauf aufmerksam gemacht (KÜNE, MEISSNER), dass die Darmverdauung in der Abtrennung der genannten phosphorsauerer Salze von ihren organischen Stoffen eine gewisse Aehnlichkeit mit der Fäulnis zeigt, die schon im thierischen Organismus (J. RANKE) z. B. nach Impfung brandiger Wundbestandtheile bei Kaninchen eine Abspaltung und krystallinische Ausscheidung der phosphorsauerer Salze (phosphorsauerer Ammoniakmagnesia) von den Albuminaten hervorbrought. Nach einer Bemerkung MEISSNER's sollen die faulenden Eiweisssubstanzen auch zunächst in den Peptonen sehr ähnliche Modifikationen übergeführt werden. So kommt die alte Lehre von der »Fäulnis« der Nahrung bei der Verdauung (cf. S. 275) wieder einigermaßen zur Geltung.

### Die Gase des Darms.

In den ganzen Verdauungskanaelen finden sich Gase vor. Es unterliegt keinem Zweifel, dass sie zum Theil aus der Luft stammen, die mit dem schäumenden Speisebrei in den Magen herabgeschluckt wird, und so in den Darm gelangen.

Der verschluckte Sauerstoff wird dort zu chemischen Aktionen verwandelt oder in den Blutkapillaren aufgesaugt, sodass in geringem Maasse eine Magenathmung bei dem Menschen und den höheren Thieren vorkommt, wie sie in grösserem Maasse bei dem Schlammpeitzger, *Cobitis fossilis*, nachgewiesen ist. Für den aufgenommenen Sauerstoff finden sich im Magen 2 Volumen Kohlenstoff.

In den Gasen der Gedärme fehlt der Sauerstoff gänzlich oder er ist im Darm höchstens in Spuren vorhanden. Die Magengase (Kohlensäure und Wasserstoff) mischen sich dem Darminhalt bei, der zunächst in Folge von Butterverdaulichkeit noch Kohlensäure und Wasserstoff, etwa in gleichem Volumen, zusetzt.

In dem Dickdarm des Menschen findet man ausser den drei genannten Gasen noch reichlich sogenanntes Gruben- oder Sumpfgas, d. i. den leichten Kohlenwasserstoff  $\text{CH}_4$  und zuweilen Schwefelwasserstoff. Bei Hunden soll der Wasserstoff, bei Pflanzenfressern der Schwefelwasserstoff fehlen, bei diesen auch Kohlenoxyd (?) nachgewiesen haben. Der Schwefelwasserstoff tritt nur

nach dem Genuss von Fleisch auf, sodass er aus der Zersetzung der Alben im Darm stammen muss. Es stammt, wie das Auftreten des Wasserstoffes, das des Kohlenwasserstoffes von den im Darm eintretenden Gährungsstoffen. Diese Gase werden auch in der Athemluft gefunden und entstammen dort allein der eben genannten Quelle, ohne dass man sie in direkten Zusammenhang mit dem Respirationsprocess bringen dürfte.

PLANER fand die Darmgase je nach der Nahrung verschieden: bei Früchternahrung fand sich im Hundedarm sehr viel Wasserstoff, der bei Fleischnahrung fast ganz fehlte.

Dünndarmgase vom Hunde:

	nach 4tägiger Fleischfütterung	nach 4tägiger Hülsenfruchtfütterung
CO <sub>2</sub>	28,62 Vol. %	47,34 Vol. %
H	Spuren	48,69 „
N	62,44	3,97 „
O	—	—

Die Dickdarmgase vom Menschen, die BUGE mit einem besonderen Saugrohr aus dem Anus gesammelt hatte, zeigten folgende Zusammensetzung:

	Nach ge- mischter Kost:	Nach Milchdiät:	Nach 4tägigem Genuss von Leguminosen:	Nach reinem Fleischkost:
CO <sub>2</sub>	40,54	9,06	24,05	8,15
N	17,50	36,74	48,96	64,41
CH <sub>4</sub>	19,77	0	55,94	26,15
H	22,22	54,23	4,03	0,69
SH	Spur	—	—	Spur

Menschliche Faeces, der freiwilligen Zersetzung an der Luft überlassen, fort Kohlensäure, Wasserstoff, Sumpfgas und Spuren von Schwefelwasserstoff entwickeln.

Die Desinfektion der Darmentleerungen (hygienische Bemerkungen). — Die im Darm entstehenden aus der Verbrennung stammenden Gewebsschlacken zeigen sich als starke Gifte, die möglichst rasch aus dem Körper: durch Athmung und Harn entleert werden müssen, um die Lebensvorgänge nicht zu beeinträchtigen oder zu vernichten.

Die Schlacken der Nahrungsstoffe und der Verdauungsgewebe, welche auf dem Wege des Darmes den Körper verlassen, theilen im frischen Zustande diese verderblichen Eigenschaften kaum. Selbst die Darmentleerungen Cholera- und Typhuskranker bringen keinerlei Gefahr hervor, wie die bisherigen Erfahrungen an Aerzten und Wärtern ergeben scheinen.

Dagegen entwickeln sich in den zersetzenden Ausleerungen nicht nur der Kranken, sondern auch der Gesunden stark wirkende, der Luft und dem Wasser sich mittheilende Gifte, welche zu Ansteckung Gesunder, die in solcher Luft und von solchem Wasser leben, führen können. Die Art des Giftes ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Man scheint vornehmlich zwei verschiedene Arten davon aufzutreten. Nennen wir sie in Folge näherer Kenntniss: Typhusgift und Cholera Gift. Das erstere Gift kann aus allen organischen, besonders thierischen Materialien sich bilden. Am häufigsten aber in Verbindung aus sich zersetzenden, in den Boden gesickerten Excrementen, welche Aborte und besonders den in manchen Städten üblichen ungemauerten Versäen gelangen. Der berühmte Fall von GRAESINGER zeigt, dass wir es hier mit einer Wei-



, die unter Umständen des Erdbodens nicht bedarf, um sich geltend zu machen. In Asien wurde bei 500 Personen durch verdorbenes Fleisch eine Vergiftung, aus Typhus entwickelte, hervorgebracht. Am intensivsten aber scheint die Giftentstehung aus faulenden Exkrementen Typhuskranker zu sein. Das Choleragift wird aus dem Gärungsprodukt der Cholera-Exkremente erzeugt.

Man glaubt meist, dass diese Krankheitsgifte organisirter Natur seien: Fermente, Zellen, die zu ihrer Entwicklung gewisser äusserer Umstände bedürfen.

Man kann dem einen Krankheitsgift, lässt sich auch auf das andere anwenden. Wir haben uns im Folgenden auf das, was GRIESINGER, VON PETTENKOFER und WUNDERLICH über das Choleragift mitgetheilt haben.

Eine Menge von frischem Harn und Koth nimmt nach wenigen Tagen in Folge von Zersetzung eine alkalische Reaktion durch Bildung von kohlensauerem Ammoniak an. Man kann in der Luft der Abtritte durch befeuchtetes Kurkumapapier, das sich bräunt, nachweisen. Diarrhoische Darmentleerungen reagiren häufig schon im frischen Zustande alkalisch, und gerade bei den Cholera-Entleerungen ist dies die Regel. Die That- sache nun darauf hin, dass der eingeschleppte »Cholerakeim« überall um so üppiger zu wachsen und zu wuchern, je ausgedehnter und ergiebiger die Einwirkung des alkalischen Abtrittgases auf den Boden und die Luft eines Hauses ist. Es liess sich erst durch die bisherigen Versuche sprechen schlagend dafür, dass das Verhindern dieser alkalischen Reaktion, oder wie sie bereits eingetreten ist, ihre Neutralisation durch sauren Zutrittlichen Auftreten einer sauren Reaktion die Entwicklung des Giftes ver- hindert.

Man kann dieses mit allen in Wasser löslichen, sauer reagirenden Metallsalzen erreichen, indem man mit Eisenvitriol, Manganchlorür, schwefelsaures, und Chlorzink leistet. Ausser den Metallsalzen kann auch die als Destillationsprodukt der Kohle erhaltene Kohlensäure die saure Reaktion frischer Exkremente erhalten, zur Ansäuerung alkalischer Exkremente dagegen nicht dienen. Die präservirende Kraft der Metallsalze kann durch einen geringen Zusatz von Kohlensäure sehr erhöht werden. Als gasförmiges Desinfektionsmittel dient am besten schwefelige Säure durch Schwefelverbrennung.

Man kann Eisenvitriol reichen durchschnittlich für eine Person täglich hin, die Exkremente zu erhalten. 3—4 Gramm reiner Kohlensäure auf 400 CC Wasser leisten bei faulen Exkrementen dasselbe.

Man hat angegeben die Kloakenflüssigkeiten mit einer Flüssigkeit (»SOUVERAIN-FLÜSSIGKEIT«) zu desinficiren, welche 240 Theile Wasser, 400 Theile Kalk und variable Menge nach HAUSMANN 40 Theile Chlormagnesium und 6 Theile Theer enthält. Im Theer wird die Kohlensäure, der Kalk reisst durch einen voluminösen Niederschlag, den er erzeugt, zu Boden, die Flüssigkeit nieder, die in ihm bewegungslos werden. Das Chlormagnesium wird als Ammoniak. HAUSMANN untersuchte unter VIRCHOW's Leitung Berliner Kloakenflüssigkeiten (Kloakenwasser). Er beschreibt dasselbe als eine trübe grünlich graue Flüssigkeit von faulem Geruch und einem dunklen Bodensatz von humificirten Pflanzenresten, Sand etc. Man findet darin grossen Verunreinigungen und sehr verschiedenartigen Infusorien, Algen, Pilzen (Fäulepilze, Leptothrix, Schizomyceten) in grosser Zahl. Nach der Desinfektion mit der SOUVERAIN-FLÜSSIGKEIT war das Wasser klar, farblos, roch nach Theer und reagirte alkalisch und tötete die niederen Organismen. An der Luft bildete es ein Häutchen von kohlensauerem Ammoniak, allmählich zu Boden sank und dabei die von der Luft zugeführten Pilze und Pilzerzeugnisse, sodass Gährung und Pilzbildung 8—10 Tage verhindert wurden. Die SOUVERAIN-FLÜSSIGKEIT von Theer verhütet die Bildung niederer Organismen länger als Kalk, tötet die Kohlensäure, grössere Infusorien erst nach einigen Tagen, die Pilze, Bakterien etc. nicht ab. Auch das beweist, dass Kohlensäure allein nicht angewendet werden kann.

Zur Reinigung beschmutzter Wäsche, Fussböden etc. dient am besten Zinkchlorzink, die keine Flecken hinterlassen. Dass die Desinfektion zu beginnen man sich volle Wirkung von ihr versprechen will, ehe die Vergiftung der Einwohner eines Hauses oder einer Stadt schon stattgefunden, ist selbstverständlich.

Der physiologisch gebildete Arzt muss an die schädlichen Wirkungen der Gifte bei seiner auf Gesundheitspflege gerichteten Thätigkeit nicht weniger denken als an andere Gifte.

Man hat versucht die Salpetersäure als Mass zu benutzen für die Reinigung des Wassers, z. B. Flusswassers durch organische Abfallstoffe. Verhältnissmässig rasch werden nämlich bei der grossen Vertheilung im Flusswasser die organischen Stoffe durch Oxydation zerstört, der Stickstoff in Salpetersäure umgewandelt. Beimis grösseren Mengen Salpetersäure deuten also meist darauf hin, dass das betreffende Wasser unrein war und also noch immer verdächtig ist.



## Neuntes Kapitel.

### Mechanik der Verdauung; Chylus und Lymphe.

#### 1.

#### Bewegung der Nahrungsstoffe im Nahrungsschlauch.

##### Allgemeine Uebersicht.

Die chemischen Veränderungen der Nahrungsstoffe durch die Verdauung lassen sich eine Reihe mechanischer Vorgänge an, theils dazu bestimmt, die verschiedenen Aktionen zu ermöglichen und zu unterstützen, theils der Erfüllung des allgemeinen Zweckes aller Verdauung vorzustehen: die gelösten Nahrungsstoffe dem Darmkanal in die Saftmasse des Organismus überzuführen.

Nahrung muss von dem Organismus ergriffen, in der Mundhöhle von den Zähnen zerkleinert und, überzogen und gemischt mit Speichel und Mundschleim, durch den eigens dazu vorhandenen Muskelapparat in den Magen hinabgeschluckt werden.

Die Bewegungen des verdauenden Magens lassen abwechselungsweise verschiedene Partien der aufgenommenen Nahrung an den Mündungen der Magendrüsen hin gleiten und befördern so die innige gleichmässige Vermischung mit diesem wichtigen Sekrete. Erst wenn diese eingetreten ist, wenn die Nahrung zu einem Speisebrei geworden ist, wenn die Bedingungen für energisch verdauende Wirkungen, wenn aus der Nahrung ein Speisebrei geworden ist, öffnet sich der Muskelverschluss des Pfortners und durch kräftige Stösse wird der Speisebrei dem Zwölffingerdarm übergeben; dort wird er gemischt und verdünnt mit den dort zufließenden Säften des Pankreas und der Leber durch wurmförmige Kontraktionen langsam den langen Windungsdarmes hinabgepresst wird. Auf der ganzen bisher genannten Strecke werden die mechanischen Bedingungen verwirklicht, um den in Flüssigkeiten enthaltenen Nahrungsstoffen den Durchtritt durch die Darmwand in die Blutgefäße - resp. Chylusgefäße zu gestatten. Ein Schliessapparat regulirt am Ende des Darmes den Austritt der unverdaulichen Stoffe und entlässt diese endlich aus dem Organismus.

## Mechanik der Mundverdauung.

Die Aufnahme der Nahrungsstoffe erfolgt durch das Mundes, wozu der Unterkiefer herabsinkt. Flüssigkeiten werden sa oder eingeschlürft. Beide letztgenannten Aufnahmsarten beruhen auf Verdünnung innerhalb der Mundhöhle, die entweder bei möglichst vollständigem Luftabschluss durch Erweiterung der Mundhöhle erzeugt wird, indem der Mundhöhlenboden sich senkt — Saugen der Säuglinge —, oder durch Einziehen eines Luftstromes in ähnlicher Weise wie bei gewissen Tieren. Beim Saugen werden die möglichen Luftzugänge in der Nasen- und durch die vorderen Gaumenbogen und die Zunge abgeschlossen. Es schliesst sich durch festes Anlegen der Lippen um das die Flüssigkeit führende Gefäss, z. B. die Brustwarze, die Flaschenmündung etc. Beim Trinken verschliessen wir die Mundspalte mit der Flüssigkeit selbst, indem der Brustraum bei vollkommenem Abschluss aller Zugänge zu dem Mund durch die dadurch entstehende Luftverdünnung in der Mundhöhle die Flüssigkeit ebenso angesaugt wie bei mageren Personen die Wangen einsinken.

Die Verkleinerung der festen Speisen wird durch die Kiefer- und Zahnreihen in verschiedener Weise zusammengedrückt und schleift, bewegt werden können. Zwischen diese Schneide- und Quetschapparate werden die Speisen durch die Muskulatur der Lippen, Wangen und Zunge gehalten und wieder daraus entfernt, um nach inniger Mischung mit Speichelflüssigkeit gebissen zu werden.

Die Zunge ist von den erwähnten Organen zweifelsohne das wichtigste auf ihrer Bewegungsfähigkeit, ermöglicht durch ein wunderbar vielfältig getheiltes, quergestreiftes Muskelfasernetz, nicht nur diese niedere thierische Funktion, sondern auch die höchste der menschlichen Thätigkeiten beruht: die Sprache.

Ein Theil der Muskelfasern verläuft ausschliesslich in der Zunge, der Rest in der Unterlippe. Die Zunge ist in zwei seitliche Hälften spaltende Fasern durch eine Scheidewand — Septum linguae — Ansatzpunkte für sie. Die Schleimhaut der Zunge heften sich zahlreiche Muskelfasern mit Sehnen an. Die grösste Menge der Fasern entspringt aber als an der Wurzel des Messer leichter trennbare Muskeln von Unterkiefer, Zungenbein, und nur an der Zungenspitze sind sie so innig mit einander verbunden, dass sie kaum mehr unterschieden werden können. Im Allgemeinen zerfällt die Zungenmuskulatur in drei Verlaufsrichtungen: der Länge nach, quer und schief.

Den inneren Kern der Zungenmuskulatur bilden nach Kölliker die beiden Kinnzungenmuskeln: *Genioglossi* und der quere Zungenmuskel *transversus linguae*. Zu beiden Seiten des Septum linguae verläuft in der Mitte des Organes von der Wurzel einnehmend. Seine Bündel (Fig. 79) stehen an ihrem Ursprunge und in der Mitte des Organes direkt an einander an, spalten sich dann in viele senkrecht neben einander zur ganzen Oberfläche der Zunge auslaufende Blätter, zwischen die sich die querlaufenden Fasern einfügen.



lässig einschieben und die überbleibenden Zwischenräume ausfüllen. Transversus zerfällt, da er jederseits von dem Septum entspringt, in zwei Hälften;

Fig. 79.



Längsschnitt der Zunge des Menschen in natürlicher Grösse, die Umrisse nach ARNOLD Icon. org. sens; *g. h.* Geniohyoideus, *h.* Zungenbein, *g.* Genioglossus, *g.* Glossopigloticus, *tr.* Transversus linguae, *l. z.* Longitudinalis superior, *e.* Epiglottis, *m.* Maxilla inferior, *d.* Schneidezahn, *o.* Orbicularis oris, *l. m.* Levator mentis, *i.* Glandulae labiales, *f.* Folliculi linguales, *gl.* Glandulae linguales cum ductibus.

oglossus ahmt  
Verlaufe an  
entheilen der

Genioglossus nach. Auch seine Muskelmasse spaltet sich an der Unter-Zungenrandes in querstehende Blätter, die sich aufwärtssteigend zwischenigen Blätter des Transversus einschieben, welche vom Genioglossus genommen werden. Das eine Bündel des Styloglossus verläuft am Zungenrand unten und einwärts zur Schleimhaut der Zungenspitze; das zweite Bündel desselben Muskels schiebt sich zwischen die anderen Zungenmuskeln und endet an der Scheidewand. Zwischen Genioglossus und Hyoglossus an der Fläche der Zunge verläuft das Längsbündel des Longitudinalis inferior. Zwischen den obersten Transversus-Fasern und der Schleimhaut findet sich noch eine Faserschichte, welche die ganze Länge und Breite der Zunge einnimmt und von KÖLLIKER als Longitudinalis superior bezeichnet wird. Derselbe Forscher hat an der Zungenspitze noch selbständige senkrecht stehende Fasern.

Die komplizierte Verlaufsrichtung wird durch die Entdeckung, dass sich die Muskelprimitivbündel an ihren Enden vielfältig theilen, noch verwickelter. In der Zunge des Frosches sind diese Verzweigungen leicht aufzufinden (Fig. 80). Feinste Ausläufer der Primitivbündel verlaufen hier in den Geschmackswärzchen bis zur Spitze (WALLER, AXEL KEV, BILLROTH).

Die Darstellung (nach KÖLLIKER) ergibt sich: Die senkrechten Fasern des Perpendicularis vom Genioglossus in der Mitte jeder Zungenhälfte, an den Seiten des Longitudinalis und dem Hyoglossus, an der Zungenspitze kommen zu selbständigen senkrechten Fasern des Perpendicularis hinzu. Die Fasern spalten sich alle in senkrecht stehende Blätter, in deren Zwischenräumen sich die querlaufenden Fasern vom Transversus und Stylo-

glossus einschieben. Meist unmittelbar unter der Schleimhaut Längsfasern vom Longitudinalis superior, L. inferior, Styloglossus stammend. In gewissem

Fig. 80.



Ein verästelttes Primitivbündel  
von 0,018" aus der Zunge des  
Frosches, 350mal vergr.

auch die Ursprungsfasern des Genioglossus sich senkrecht umbiegen, hinzu gerechnet

Ehe wir die Betheiligung der Zunge an Bewegungen näher betrachten, müssen wir Veränderungen der Zunge und ihre Bewegungen vorerst im Allgemeinen etwas ganz abgesehen zu welchem Zwecke diese dienen, ob zum Kauen, Schmecken, Schlucken etc. An anderen Stellen wird von bestimmten speciellen Bewegungen des Organs werden müssen.

Da die Zunge mit dem Unterkiefer und Kieferbeine durch ihre Muskeln verbunden, sie passiv allen Bewegungen dieser Knochen

Durch die Zusammenziehung der senkrechten Fasern wird die Zunge breit und glatt. Durch Kontraktion der Quersfasern wird bei Erschlaffung der Zunge verlängert, bei gleichzeitiger Kontraktion der Längs- und Quersfasern wird die Zunge ein fester, rundlicher, dicker Zapfen erzeugt durch die kontrahierten Längsfasern.

Die mannigfaltige Anordnung der Zungenmuskeln und ihre Sonderung in einzelne Muskelindividuen

im Allgemeinen ein gleicher Zweck erreicht werden kann, die aber durch die verschiedene Kontraktion zulassen, macht es anschaulich, wie vielfältig die Formgestaltung und Bewegung der Zunge sein könne. Bei einmaliger Kontraktion kann die Zungenspitze nach allen Richtungen in der Mundhöhle gezogen werden, wozu nur eine einseitige Kontraktion ihrer äusseren Längsfasern erforderlich ist. Durch alleinige Zusammenziehung der innersten senkrechten Fasern wird der Zungenrücken zum Löffel ausgehöhlt; der Zungenrücken wird durch die Kontraktion der untersten Quersfaserschichten.

Aus den Ansatzverhältnissen wird leicht verständlich, dass die Zunge durch den Hyoglossus nach hinten und unten, durch den Styloglossus nach oben gezogen werden kann. Durch die hinterste Kontraktion des Genioglossus kann sie etwas nach vorne gezogen werden, wie aus dem Verlaufes direkt hervorgeht.

Die Muskelfasern erhalten ihre Bewegungsantriebe vom N. Hypoglossus, dessen normaler Erregbarkeit und Erziehung die Fähigkeit zu den verschiedenen Bewegungen basirt, wie sie vor allem bei dem Sprechen von der Zunge ausgeht.

Bei dem Kauen der Speisen werden von der Zunge und der Mundhöhlenmuskulatur, vorzüglich dem Buccinator, verhältnissmässig grosse Dienste verlangt, indem sie den Mundhöhleninhalt nur in der Mund-



n, mit Speichel zu mischen — einspeicheln — und zwischen die Zähne haben. Beim Kauen sind vor allem die Kiefer thätig. Durch Anpressen des Unterkiefers senkrecht gegen den Oberkiefer können festere Stoffe zwischen zahnförmigen Schneidezahnreihen und den spitzen Eckzähnen förmlich zerquetscht und zersprengt werden, zerquetscht und zermalmt werden sie zwischen den flachen, höckerigen Kronen der Backenzähne.

**Entwicklungsgeschichte.** — Die Mundhöhle ist nicht von Anfang an in Verbindung mit der Darmhöhle, sie entsteht als eine buchtförmige Einstülpung des Hornblattes, die sich in den Darmkanal durchbricht. Dieser Vorgang ist darum von noch grösserer Bedeutung, weil er lehrt, dass eine Einstülpung des Hornblattes auch bei der Bildung der Mund- und des Geschmacksorgan eine Hauptrolle spielt, wie bei der Bildung der drei höheren Mundorgane. REMAK beobachtete am Hühnerembryo am dritten Brüttag die »Mund-Grube« erst als eine Grube im Bereiche des ersten Kiemenbogens unterhalb des vordersten umhüllenden Schädelsendes, die durch selbständige Wucherung des Hornblattes durch Vortreten der Ober- und Unterkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens entsteht, und sich nach aussen durch eine quere Mundspalte öffnet. Nach hinten ist sie eine dünne Scheidewand einerseits vom Hornblatt, andererseits vom Darmkanal bekleidet, die mittlere Lage wird von der Darmfaserschicht des Vorderdarms gebildet.

Schon am vierten Brüttag entsteht in dieser Scheidewand eine Spalte »Rachen-Grube«, welche Mundbucht und Vorderdarm verbindet, bald verschwinden die Reste der Scheidewand gänzlich und die beiden Hohlräume communiciren durch eine weite Oeffnung. Die Schleimhaut der Mundschleimhaut vereinigt sich mit dem Hornblatt bald eine oberflächliche Mundschleimhaut. Die erste Anlage der Zunge zeigt sich bei dem Hühnerembryo in der sechsten Woche. Sie erscheint als kleiner Wulst in der Mittellinie der inneren Fläche des ersten Kiemenbogens und zwar aus einem nach innen von diesem gelegenen Material, das später vorzüglich zum Genioglossus wird. Der Zungenwulst wächst in die Länge und Breite und nimmt bald die Gestalt der Zunge an; schon im dritten Monat entwickeln sich die Zungenpapillen, und zwar zuerst die Circumvallatae und Conicae (KÖLLIKER). KÖLLIKER entdeckte bei einem menschlichen Embryo vom Ende der dritten Woche eine bilaterale Anlage der Zunge in Form zweier Wülste zwischen den Unterkieferfortsätzen. Daraus erklären sich die Beispiele angeborener Zungenspaltung und gespaltenen Zungen bei Eidechsen und Schlangen. Vor Ende des zweiten Monats wuchern die Oberkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens in horizontaler Richtung aus und bilden als Gaumenplatten, die zuerst eine Spalte, »Gaumenspalte«, zwischen sich lassen, die sich bald aber zu dem harten Gaumen vereinigen (von der achten Woche an). In der dritten Woche ist der harte Gaumen vollkommen geschlossen, der weiche noch gespalten. Am Ende des zweiten Monats ist das Velum gebildet. Wolfsrachen, Hasenrachen, Lippenpalten sind als Stadien auf embryonalen Bildungsstufen zu betrachten. Durch die Ausbildung des Gaumens trennt sich die anfänglich einfache, primitive Mundhöhle in einen respiratorischen Abschnitt und die eigentliche Mundhöhle.

**Vergleichende Anatomie.** — Bei den Amphibien und Fischen bleibt die »primitive Mundhöhle« bestehen. Bei den Reptilien beginnt der Scheidungsprocess der Mundhöhle durch die Entwicklung des Gaumens in zwei Etagen, von denen die eine durch Ausbildung der Nasenscheidewand weiter in zwei seitliche Höhlen, Nasenhöhlen getrennt werden kann. Bei den Vögeln und Eidechsen schreitet dieser Scheidungsprocess weniger weit vor als bei den Reptilien und Krokodilen. Bei den Säugethieren ist die Trennung am vollkommensten, dass nur noch im Pharynx Mund- und Nasenhöhle communiciren. Die Mundhöhle der Säugethieren noch weiter durch den muskulösen Apparat des Gaumensegels abgegrenzt, seine mediane Verlängerung, Uvula, findet sich nur bei Menschen und Affen. Die Uvula bildet bei den Fischen meist nur einen durch den Schleimhautüberzug des harten Gaumens gebildeten flachen Wulst; oft ist sie mit Zähnen besetzt. Bei den Amphibien

trifft eine selbständigere Zungenmuskulatur auf, die Zunge erscheint als ein abbares Gebilde. Bei den Reptilien (Eidechsen und Schlangen) wird die an der Basis vorstreckbare Zunge mit einer Scheide umgeben. Das Epithel der Zunge ist keratinisirt und bildet an der oberen Fläche Schuppen und Höcker. Bei Schädern ist die Zunge breit und flach. Unter den Vögeln bildet bei den Papageien ein massives, fleischiges Organ, bei anderen ist das vordere Ende meist mit Epithelschichten bedeckt, bei den Spechten mit seitlichen Widerhaken, bei den Insekten mit feinen Borsten besetzt. Beiden Säugethieren ist je nach der Nahrung die Zunge entwickelt, sie ist muskulös, vorstreckbar. Die Zunge kann bei der Nahrung verschiedene Verrichtungen übernehmen. Bei Echidna ist die Zunge lang, Myrmecophaga wurmförmig, bei Nagern und Wiederkäuern ist der hintere Theil trüchtlich höher als der vordere. Unter den Papillen sind die Papillae circumscissae, die stets den Rücken der Zungenbasis einnehmen, bei Halmivoren nur eine, bei Edentaten zwei (GEGENBAUER).

### Die Zähne.

Man unterscheidet an jedem Zahne drei verschiedene Theile, das Zahnfleisch hervorragende Krone, den vom Zahnfleisch bedeckten Theil Wurzel und die in den Kiefer (Alveole) eingekeilte Wurzel. Im Innern der Wurzel befindet sich eine Höhlung, welche in den Wurzelspitzen ausmündet. Diese Höhlung ist mit Zahnpulpa gefüllt. Die Zahnmasse wird durch nerven- und gefässreiches Bindegewebe, die Zahnpulpa durch feine Kanälchen, welche den Zahn durchziehen und in die Zahnpulpa münden, geschieht die Zahnernährung.

Der Zahn wird von dreierlei verschiedenen Geweben zusammengehalten. Die Wurzel wird vom Cement überzogen, der den Bau der Knochen nachahmt. Die Krone überkleidet der Schmelz, das innere Zahngewebe, welches durch die Zahnpulpa offen zu Tage tritt, wird als Zahnbein oder Elfenbein bezeichnet.

Die das Zahnbein durchziehenden feinen Kanälchen (0,0005—0,001 mm) laufen parallel neben einander her senkrecht auf die Begrenzungsfläche der Zahnpulpa, sodass sie auf einem Querschnitt fast überall eine radienförmige Anordnung zeigen. Die Zahnkanälchen haben eine besondere Wand. Die Enden der Kanälchen theilen und verbinden sich, ohne im Allgemeinen ihre Verlaufsrichtung zu ändern, mannigfaltig. Die Grundmasse zwischen den Kanälchen ist Zahnpulpa. Im Allgemeinen lässt sich das Zahnbein als modificirte Knochensubstanz betrachten (Fig. 82).

Die Pulpa dentis, der Zahnkeim besteht aus gallertigen Geweben mit vielen runden oder ovalen kernhaltigen Zellen. Die Zwischenräume sind faserig. Das eintretende arterielle Stämmchen spaltet sich mehrfach in Kapillaren zu zerfallen. Die Aussenseite des Zahns besteht aus cylindrischen Zellen mit länglichem Kerne, welche feine, wasserhaltige Substanz in die Zahnkanälchen aussenden, welche letztere ganz ausfüllen: Dentin (Fig. 83).

Der Cement beginnt an der Grenze der Schmelzschicht und erreicht an der Wurzel seine grösste Dicke. Es findet sich gewöhnliche ästig verzweigte Knochenzellen, welche sich theils mit einzelnen Zahnkanälchen verbinden.

Der Schmelz oder Email besteht aus langen dicht an ein



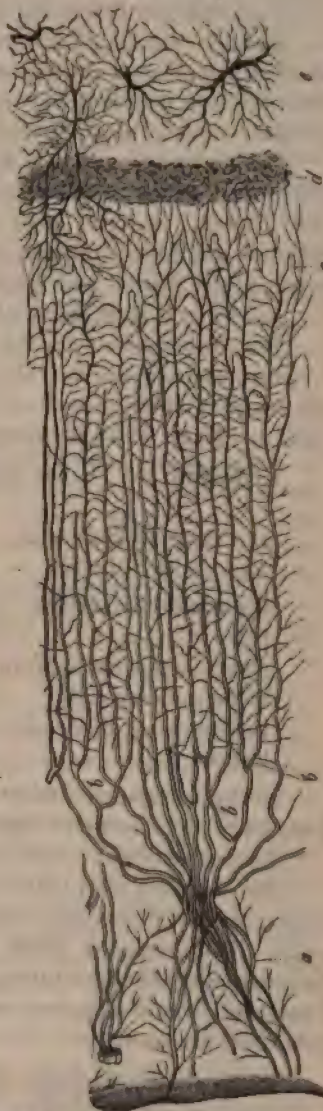
eckigen Fa-  
säulen, den  
ris men oder  
ulen, 0,0015  
reit, welche  
es Schmelzes  
durchsetzen.  
erinnern an  
durch das  
be des Auges;  
hnutlenen Fa-  
ein zierliches  
artiges Felder-  
r- oder sechs-  
lerchen dar.  
chmelz wird  
nem sehr har-  
nen Häutchen  
und geschützt,  
hmelz ober-  
(KÖLLIKER).  
ngen für Er-  
assigkeiten bil-

Fig. 81.



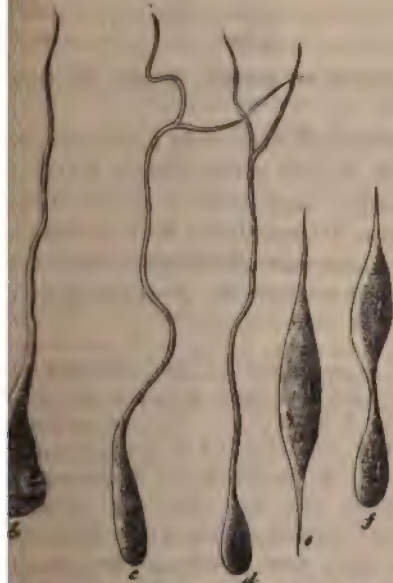
Ein menschl. Schneidezahn mit  
der Zahnhöhle in der Ase, um-  
geben von dem Zahnbeine, wel-  
ches in unteren Theile vom Ce-  
ment, im oberen vom Schmelz  
bedeckt wird.

Fig. 82.



Zahnkanälchen der Wurzel, 350mal vergr.  
a. Innere Oberfläche des Zahnbeines mit  
spärlichen Röhren. b. Theilungen der-  
selben, c. Endigungen mit Schlingen,  
d. körnige Schicht, bestehend aus klei-  
nen Zahnbeinkugeln an der Grenze des  
Zahnbeines, e. Knochenhöhlen, eine mit  
Zahnkanälchen sich verbindend. Vom  
Menschen.

Fig. 83.



nach LEYD. Bei a und b einfache fadenför-  
mige Ausläufer; c, d. ge-  
staltete spindelförmige Zelle; f eine getheilte.

den im Schmelz nur unregelmässige Spalten, in welche sich einzelne Zähne einzusenken scheinen.

In chemischer Beziehung ist das Zahnbein der Knochensubstanz nahe verwandt. Zahnbein und Cement enthalten dieselben Mineralbestandtheile. Knochen, eingelagert in eine organische leimgebende Grundmasse. Die Zahnhäutchen löst sich weit schwerer als die übrige Zahnschmelz. Das Gewebe ist etwas wasserärmer als das Knochengewebe.

Der Zahnschmelz ist das an anorganischen Stoffen reichste Gewebe im thierischen und menschlichen Körper. Die organische Grundsubstanz liefert Leim (Horn), sondern giebt die Reaktionen des Horngebietes. Die organische Substanz des Schmelzhäutchens schliesst sich durch grosses Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien an das elastische Gewebe an (KOLLIER).

Im Schmelz sind bis zu 4% Fluorcalcium, weit mehr als in den Knochen. Der Wassergehalt des Zahnbeins beträgt bis zu 10%.

In Beziehung auf das chemische Verhalten muss im Allgemeinen auf den Knochen zu Sagende verwiesen werden, hier stehe nur eine quantitative Analyse (von BIRBA) eines Backenzahnes eines Erwachsenen.

Er war in 100 Theilen trocken zusammengesetzt

	Schmelz:	Zahnbein:
anorganische Substanz . . . . .	96,41	71,99
organische Substanz . . . . .	3,59	28,01
organische Grundlage . . . . .	3,59	27,61
Fett . . . . .	0,20	0,40
phosphorsaurer Kalk und Fluorcalcium . . . . .	89,62	66,72
kohlensaurer Kalk . . . . .	4,37	3,36
kohlensaurere Bittererde . . . . .	1,34	1,08
lösliche Salze . . . . .	0,88	0,83

In der Zahnpulpa scheint sich Mucin zu finden, da sich ihr Gewicht in Essigsäure nicht auflösen lässt (FREY).

Lymphgefässe sind in der Zahnpulpa noch nicht nachgewiesen.

Die Nerven sind sehr entwickelt. In jede Wurzelöffnung dringt ein Zweig der Nervi dentales und ausserdem noch mehrere feinste Reiser (bis zu 5), die im dickeren Theile der Pulpa ein reichliches Netz bilden, in der Nervenröhrentheilungen findet. Nach RÖNN sollen die feinsten Fasern frei von Tonen will von den Fasern der Dentinzellen die grosse Empfindlichkeit des Zahnbeins ableiten.

**Zur Entwicklungsgeschichte der Zähne.** — Im Anfang des dritten Monats der Entwicklung des Menschen entsteht (ARNOLD, GOODSID, KÖLLIKER, KÖLLMANN) Ober- und Unterkiefer eine Furche, die »Zahnfurche«. In dieser entwickeln sich in jedem Kiefer 10 freie Papillen, aus denen sich die Milchzähne bilden (KÖLLIKER). Durch Verwachsung der umgränzenden Wallpartien werden die »Zahnsäckchen« eingeschlossen, die Anfangs nach oben offen sind. Während des Wachstums bildet jedes der 20 Säckchen noch ein Nebensäckchen oder »Reservesäckchen« zur Bildung der bleibenden Zähne. Zuerst liegen diese Reservesäckchen über den Milchzähnen, nach und nach rücken sie an deren hintere Seite. Das Ektoderm des Zahns entsteht aus der Ossifikation des oberen Theils der Zahnpapille. Der Rest ist eine verkalkte »Ausscheidung« der Epithelzellen des Zahnsäckchens (die des



gan» darstellen); das Cement wird von dem Zahnsäckchen, das die Stelle von tritt, als achte Knochensubstanz auf die Wurzel des Zahns abgelagert.

Uebersichtlich ist der Process der Zahnentwicklung ganz analog. Ueber die Entwicklung der Zähne bei Amphibien und Reptilien wurden unter KÖLLIKER'S Leitung von mehreren Untersuchungen angestellt. Die Zähne der Saurier und des Frosches entwickeln sich in einem Zahnsäckchen in der für den Menschen und die Säugethiere beschriebenen Weise. Bei Siredon und Triton beobachtete er die Entwicklung der Zähne frei in der Mundhöhle, welche die Kiefer deckt. Man beobachtet zunächst eine Anzahl grosser, primitiver einfacher Zellen, welche ganz oberflächlich in der den Kiefer bedeckenden Epithelhaut ihre Lage haben, nur an der oberen Seite mit einer Schichte rundlicher Zellen bedeckt sind. Etwas später zeigt sich dort eine durchsichtige Lage von einer kleinen Kappe, welche die erste Anlage des Zahnbeins darstellt; später auch im Umkreis der Zelle, soweit sie das Zahnbein berührt, kleine fadenförmige Fortsätze, die ersten Spuren der Zahnfasern mit den Zahnkanälchen. Das wachsende Zahnbein gelangt endlich an die Basis der »zahnliefernden Zelle«, und indem das angrenzende Gewebe verknöchert, wird der Kiefer mit dem Zahne zu einer Masse verbunden. Der Zahndurchbruch wächst noch in die Länge und durchbricht das ihn deckende Epithel.

**Gerichtliche Untersuchung.** — Zahndurchbruch und Zahnwechsel. Die Ordnung, in welcher die Zähne hervorbrechen, ist in gerichtlicher Beziehung für die Annäherung des Alters wichtig. Doch ist die Ordnung keine absolut gleichbleibende. Der Durchbruch erfolgt in der Regel gruppenweise zu zweien. Mit dem siebenten Lebensjahre treten die inneren Schneidezähne des Unterkiefers hervor, worauf die entsprechenden des Oberkiefers nach kurzer Zwischenfrist folgen. Einen Monat später folgen die ersten Schneidezähne. Im Anfang des zweiten Lebensjahres folgt der erste Backenzahn, am Ende desselben Jahres der Eckzahn, zu Ende desselben der zweite Backenzahn. Mit dem Durchbruch des zweiten Backenzahns jederseits und oben und unten ist die Zahnreihe (30) komplet. Der Zahnwechsel beginnt im siebenten Jahre. Die Arterien der Zähne obliteriren, die Nerven derselben schwinden, die Alveolen erweitern sich, werden die Milchzähne gelockert und fallen endlich aus. Der erste bleibende Zahn ist die sich bildende erste Mahlzahn, worauf der eigentliche Wechsel der Milchzähne folgt. Der innere und dann der äussere Schneidezahn wechseln zu Ende des siebenten Lebensjahres, hierauf der erste und zweite Backenzahn im achten und neunten, der Eckzahn im zehnten oder elften Jahre. Im zwölften Jahr erscheint der zweite Weisheitszahn, dessen Krone erst im zehnten Jahr zu verknöchern beginnt, zwischen dem sechzehnten bis vierundzwanzigsten Jahr zum Vorschein. Die bleibenden Zähne werden durch den Gebrauch abgenutzt. Im siebzigsten Lebensjahre haben die Schneidezähne ihre Kanten eingebüsst, die halbe Krone ist abgeschliffen. An den Eckzähnen sind die Höcker geebnet und der Schmelz erhält sich nur zwischen den Höckern der Höcker. Das Ausfallen der Zähne im Alter ist Folge mangelhafter Ernährung wie bei den Milchzähnen. Nach dem Ausfallen der Zähne im Alter kondensirt sich das Fleisch, sodass es wenigstens an der Stelle der Mahlzähne zum Zerquetschen festerungsmittel fähig wird. Es sind Fälle beobachtet, wo im höchsten Alter neue Zähne zum Durchbruch kamen, theils schon in der Jugend vorgebildete, theils vielleicht entstandene (HARTL).

**Vergleichende Anatomie.** — Die Papillen der Schleimhaut der Mundhöhle können zu Zähnen umgebildet werden, und zwar nach LEYDIG auf zweierlei Weise: 1) durch Verknöcherung ihres Epithels. Von dieser Art sind die Hornzähne des Petromyzon und die des Hynchus u. a. 2) durch Verkalkung der Bindesubstanz. Von den Fischzähnen ist zuerst erkannt, dass sie mit Zahnschmelz überzogene Papillen des Zahnfleisches, der Zunge etc. seien. Ossificirt nun das freie Ende der Papille kappenartig, so wird der Zahn beweglich, greift die Verkalkung tiefer etwa bis zur Basis der Papille und das Gewebestratum der Schleimhaut selber, so erscheinen die Zähne, indem die ver-

knocherte Mucosa mit dem darunter liegenden Knochen verschmilzt, als umwuchs des Knochens. Bei den Fischen erhebt sich überall die Schleimhaut zu sehr starken, leicht ossificirenden Papillen; hier tragen nicht nur Zwischenkiefer, sondern auch Gaumenknochen, Pflugschaar, Keilbeinkörper etc. Zähne der Fische und Amphibien und Reptilien bestehen nur aus verknöchertem Gewebe, nur aus Elfenbein und Zahnbein. Bei vielen Fischen ist der ganze Zahn Pulpa. Schmelz und Cement mangeln den Zähnen der niederen Wirbelthiere. Substanzen kommen zum Zahn nur, wenn sich dieser in einem Zahnsack (oben), was bei einigen Sauriern und den Säugethieren geschieht. Doch fehlt bei Molaten und den Stosszähnen der Elefanten der Schmelz ganz. Manchmal ist gefasshaltig (im Stosszahn des Elefanten, beim Faulthier, in den Schneidezähnen der Nager. Die starke Papillarentwicklung der Schleimhaut der Mund- und Rachenhöhlen der Fische erstreckt sich bei einigen Fischen auch auf die Schlundschleimhaut. Papillen auch zahnartig verknöchern können (Levip). — Komplikationen der Zähne werden durch Faltung der Zahnschmelzsubstanz bedingt, die auf die Zahnpapille zurückgeführt werden muss. Sie treten bereits bei Fischen auf und sind bei Amphibien (Labyrinthodonten) in grosser Ausbildung zu treffen. Ähnliches findet sich bei Säugethieren in den sogenannten schmelzfaltigen Zähnen. Das wechselnde Verhältniss der Zahnpapille zum Zahn wurde schon angedeutet. Ist ein Zahn ein bleibendes Organ, sodass der Zahn eine Höhle (Zahnhöhle) z. B. an den Zähnen der Krokodile und den meisten Säugethieren, oder der Zahn solid, z. B. bei vielen Sauriern. Die Zahnhöhle gestaltet sich nach Vollendung des Zahns bei den Säugern in der Regel zu einem engen Kanal. Die (vielfältig auch die Backenzähne) der Nager besitzen offenbleibende Zahnhöhlen. Wird ein Fortwachsen des Zahns ermöglicht, wie es bei den Schneidezähnen die Regel ist (Gegenbauer).

### Die Bewegung des Kiefers und Schluckakt.

Die Kieferbewegung geschieht durch eine durch beide Kiefer verlaufende horizontale Axe; das Anpressen wird durch den Masseter, den Pterigoideus internus, das Öffnen der Kiefer, durch die Wirkung des vorderen Digastricus, Mylohyoideus und Geniohyoideus unterstützt, durch den Hinterkiefer besorgt. Für die Zermahlung müssen die Zahnräder vordere und hintere so wie seitlich unter gleichzeitigem Zusammenpressen der Kiefer verschoben werden. Da nur der Unterkiefer frei beweglich ist, so wird die Zermahlung natürlich nur auf seiner Bewegung, welche durch die Pterigoideus externus jeder Seite erzeugt wird. Diese Bewegung ist dem Kiefergelenke durch seinen aus der beschreibenden Anatomie bekannten Bau ertheilt. Die Kaumuskeln werden vom Trigemini vom Nervus crotaphycticobuccinatorius des Ramus maxillaris inferior,

Nach dem Kauen und Einspeicheln folgt die Bildung des Bisses. Von den Seiten her die durch den Speichel in einen formbaren Brei umgewandelte Stoffe auf den Zungenrücken geschoben werden. Dieser hüllt sich zusammen und presst sich an den harten Gaumen an, wodurch dem Bissen die richtige Gestalt ertheilt wird.

Schluckakt. Indem dieses Andrücken der Zunge von der Speichersackwurzel fortschreitet, wird der Bissen immer weiter nach hinten geschoben, hinter den vorderen Gaumenbogen. Dieses Andrücken wird nur an



der eigentlichen Zungenmuskulatur, in der Mitte durch Abflachen des Kieferbodens in Folge der Zusammenziehung des Mylohyoideus, an der Spitze durch den Styloglossus besorgt. Ist einmal der Bissen hinter den vorderen Bissen gezogen, so legen sich diese durch den Musc. palatoglossus an die Zunge an, so dass die Mundhöhle von der Rachenhöhle, in der sich nun der Bissen vollkommen ab (Dixon). Gleichzeitig werden die inneren Nasenöffnungen durch das Anlegen des Gaumensegels an die hintere Rachenwand geschlossen, was aktiv durch die Levatores palati molles, theils passiv durch den Druck des Bissens erfolgt. Dadurch dass der Kehldeckel aktiv über den Kehlkopf eingiebt, wird der Kehlkopf durch die Thyreo- und Aryepiglottici — herübergelegt wird, wird der Kehlkopf abgeschlossen (CZERMAK). Fehlt der Kehldeckel, so kann auch noch die Kontraktion der Stimmritze ein Kehlkopfverschluss hervorgerufen werden

Fig. 84.



Sagittaler Durchschnitt der Mund- und Rachenhöhle. A. Septum nasale, B. durchsagter Kiefer, C. Zunge, D. Gaumensegel, E. Uvula, F. die Mündung der Tube Eustachii, G. Weg aus dem unteren Theile des Schlundkopfes zu dem oberen Theile und den Choanen, H. Epiglottis, I. Kehlkopf, J. Schlundkopf, K-Z. Hirnnerven.

alle sonstigen Oeffnungen geschlossen sind, bleibt dem Bissen nur noch der Weg in den Schlundkopf, der ihm mit einer gleichzeitigen, von aussen sichtbaren Bewegung des Kehlkopfes entgegen kommt. Aus dem Schlundkopf übergiebt die Zusammenziehung des Schlundschlürfers an die Speiseröhre, welche sich

oberhalb und um den Bissen zusammenzieht, sodass durch die Kontraktion des Bisses von oben nach unten fortgeschoben wird. Sobald der Bissen ist, erweitern sich die vorher kontrahirten Partien der Speiseröhre während die direkt über dem Bissen liegenden sich zusammenziehen, sodass die Kontraktion gleichsam wurmförmig von oben nach unten in der Speiseröhre verläuft. Ganz analoge Bewegungserscheinungen finden sich auch am Magen und werden als peristaltische bezeichnet. Diese Bewegungen sind regelmässig, auf die Zusammenziehung eines höher gelegenen Stückes folgen die Bewegungen eines tiefer gelegenen. Ist der Modus der Bewegung umgekehrt, so bezeichnet man sie als antiperistaltische.

**Zur vergleichenden Physiologie und Anatomie.** — Die Kauwerkzeuge der Thiere stehen in der genauesten Beziehung zu ihrer Nahrung. Bei den fleischfressenden, namentlich den Thieren sind die Hundszähne ungemein entwickelt und die Nahrung wird zwischen diesen Zähnen und den Klauen zerrissen. Bei den Wiederkäuern sind die Backenzähne und die Schneidezähne besonders entwickelt. Bei den Carnivoren beschränken sich die Bewegungen des Kiefers fast allein auf ein Heben und Senken. Bei den Nagern sind die seitlichen Bewegungen sehr ausgedehnt, bei den Nagern die Vor- und Rückbewegungen. Damit steht die Gestalt der Gelenkhöhlen und Gelenkköpfe in Einklang. Bei den Carnivoren stehen sie quer, und die Gelenkköpfe liegen in einer engen, ziemlich tiefen Gelenkhöhle; bei den Wiederkäuern sind sie ziemlich weit voneinander entfernt, mithin sehr beweglich; bei den Nagern haben sie eine Richtung von vorn nach hinten und es können sich die Gelenkköpfe in dieser Richtung leicht auf der Gelenkfläche schieben. Die Temporales und Masseteres sind bei den Carnivoren, die Pterygoiden bei den Wiederkäuern besonders stark entwickelt, was mit den hauptsächlichsten Bewegungen des Kiefers im Zusammenhang steht. Die starkentwickelten Jochbögen und die grossen Gruben der Carnivoren bieten ansehnliche Anheftungsflächen für Temporalis und Masseteres, während bei den Wiederkäuern die Processus pterygoidei, von denen die Masseteres entspringen, eine ungewöhnliche Entwicklung zeigen. Der Mensch nimmt in diesen Verhältnissen eine mittlere Stellung ein (Donders).

Die Kauorgane der Arthropoden bewegen sich nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Richtung gegen einander, sie sind nichts Anderes als bald zum Kauen umgebildete vorderste Gliedmassenpaare. Diese Umwandlung der vorderen Gliedmassen in Mundtheile ist bei den Crustaceen am deutlichsten, und es giebt sich die Umgestaltung der Füsse in Kieferfüsse und diese in Kiefer z. B. schon beim Flusskrebse zu erkennen, sodass hier kein Zweifel über die morphologische Bedeutung dieser Organe kommen kann. Bei den übrigen Arthropoden lehrt dasselbe die Entwicklungs-

### Nervöse Einflüsse auf Kauen und Schlucken.

Das Kauen und der Schluckakt sind, soweit sie von dem Willen abhängen, sehr gute Beispiele für die in der speciellen Nervenphysiologie vorkommenden coordinirten Bewegungen. Wir sind uns nur eines einzigen Willensantriebes bewusst, der den ganzen vergleichsweise complicirten Muskelapparat des Kauens und Schluckens in Thätigkeit setzt. Schröder van der Kolk hat das Centrum der coordinirten Kaubewegungen in der Medulla oblongata gefunden, wohin die Mehrzahl derartiger Bewegungscentren verlegt werden kann. Es sitzt der die Kaumuskeln direkt und regelmässig beeinflussende Nervenzweig, der vom Gehirn aus durch einen einzigen Willensanstoss ebenso wie durch einen Hemmungsanstoss versetzt wird, wie das einfache Abschieben einer Hemmungsschraube.



des oder aufgezogenes Uhrwerk zu seinem mannigfaltigen Spiel ver-

dem Schluckakte sind grösstentheils quergestreifte Muskelfasern be-  
Sie haben ihr automatisches Centrum ebenfalls in der Medulla oblongata  
in den Oliven (SCHN. v. D. KOLK).

er den uns bekannten Nerven für die Lippen, die Kieferbewegungen und  
agirt für den Rachen der Plexus pharyngeus, zu welchem Glossopharyn-  
Vagus, Accessorius und Sympathicus zusammentreten. Der Trigemini-  
Tensor palati molli und den Mylohyoideus in Thätigkeit.

bis zu einem gewissen Grade ist der Schluckakt der Willkür unterwor-  
eben ihm mit aller Nothwendigkeit, unwillkürlich eintreten, wenn irgend-  
Kehldeckel oder die hintere Fläche des Gaumensegels berührt wird.  
in wenn wir scheinbar mit Willen schlucken, lässt sich doch immer ein  
er Reiz nachweisen, ohne den das Schlucken nicht möglich sein würde.  
muss eine Berührung jener Schleimhautpartien stattfinden, z. B. durch  
Speichel, wenn der Schluckakt soll eingeleitet werden können. Es ist leicht  
zu sehen, dass das »leer Schlucken« nur so lange gelingt, als Speichel zum  
Schlucken vorhanden ist. Ebenso wenig gelingt es, wenn nicht vorher der Mund  
voll war.

Sind sonach die Schluckbewegungen zu den reflektorischen zu rechnen,  
so alle in dieselbe Klasse zu rechnenden Muskelbewegungen nur auf einen  
sichbaren sensiblen Reiz eintreten. Der Wille hat vor allem die Aufgabe,  
reflektorischen Bewegungen rechtzeitig zu hemmen, rechtzeitig die Bedin-  
gen zu ihrem Eintritt zusammenwirken zu lassen. Es sind sensible Fasern  
des Trigemini, deren Erregung reflektorisch den Schlingreflex hervorrufen  
kann (SCHN. v. D. KOLK).

Die reichliche Beimischung von Speichel macht den Bissen schlüpfrig,  
der zum Hinabgleiten in der Speiseröhre macht ihn der Schleim geschickt,  
der sich bei seinem Vorbeigleiten an den Mandeln und der dortigen an-  
gehörigen reichen Gegend überzieht.

### Die Magenbewegungen.

Magen verweilen die verschluckten Speisen und müssen allseitig mit der  
Magenwand in innige Berührung gebracht werden, um die verdauenden Wirkun-  
gen des Magensaftes zu erfahren. Der Mageninhalt wird im Magen durch den  
Verschluss der beiden Mündungen zurückgehalten, welcher bei dem ventili-  
ren Pylorus aktiv auf Reiz der Magenschleimhaut durch die sie be-  
stehenden Stoffe erfolgt und so fest ist, dass auch am frisch ausgeschnittenen  
Magen keine Stoffe, selbst nicht Flüssigkeiten auslaufen. Die Cardia wird  
durch ihre stark entwickelte Ringmuskulatur auch noch durch eine passive  
Bewegung geschlossen. Je mehr sich der Magen anfüllt, desto mehr dreht  
sich die gegebenen mechanischen Bedingungen seine grosse Kurvatur,  
bei dem leeren Magen nach abwärts gewendet ist, nach vorne, sodass die  
Kurvatur, die sonst oben steht, nach hinten gewendet wird; die Drehung  
um eine durch den Pylorus und die Cardia gelegte gedachte Axe. Dadurch

erfährt die Cardia eine Knickung, welche für das Wiederaustrreten des Inhaltes nach oben hinderlich sein muss.

**Die Muskularis des Magens und der Därme.** — Am Magen ist die aus organischen Fasern bestehende Muskelhaut nicht überall gleich dick. Während sie an der Cardia  $\frac{3}{4}$ —1''' zeigt, ist sie am Magengrunde ganz dünn ( $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ '''). Sie besteht aus zwei vollständigen Schichten. Nach KÖLLIKER liegen zu äusserst Längsfasern, die eine Ausstrahlung eines Theils der Längsfasern des Oesophagus zu betrachten sind, welche sich an der kleinen Kurvatur bis zum Pylorus erstrecken, während die übrige vordere und hintere Magenwand und an der oberen Seite des Fundus frei als selbstständige Fasern an der rechten Magenhälfte, von wo sie straff ausgeht, zum Duodenum übergehen. Von der rechten Seite der Cardia an finden sich Ringfasern zum Pylorus, wo sie am stärksten entwickelt den Sphincter pylori bilden. Die Schichte der schiefen Fasern, die den Fundus schleifenförmig umfassen, an der Vorder- und Hinterfläche des Magens schief gegen die grosse Kurvatur sich zum Theil mit elastischen Sehnen an der Aussenseite der Schleimhaut, die sich unter einander verbinden (Fig. 85).

Fig. 85.



Magen des Menschen, verkleinert. *a* Oesophagus mit den Längsfasern. *tr*, Quersfasern (zweite Lage) grösstentheils abpräparirt. *tr'* Quersfasern am Fundus. *o* Fibrae obliquae. *p* Pylorus, *d* Duodenum.

An dem Darmkanal finden sich nur am vorderen Rande deutlicher, während an der hinteren eine vollkommene Schichte Ringfasern vorliegt, aber nicht in die Kerkens'sche Einsenkung eintritt.

Am Dickdarm sind die Quersfasern wesentlich auf die drei Längsbänder, Ligamenta coli, beschränkt, die am Coecum beginnen und in zwei Längsbündel zerfallen, welche die Längsfaserschicht bilden.

Die Mastdarm-Muskulatur ist noch dicker, zu aussen ist sie im Gegensatz zu anderen Theilen des Dickdarms aus stärkeren Längsfasern und Ringfasern innen. Das letzte Ende der Ringfasern ist der Sphincter internus, mit dem dann

der Sphincter externus und Levator ani sich verbinden.

Von den Bewegungen des Magens, welche zur Mischung der Speisen dienen sollen, ist wenig zu sehen. Ein frisch blossgelegter Magen eines eben getödteten Thieres zeigt diesen fast gleichmässig fest um seinen Inhalt. Doch sieht man hier und da peristaltische Bewegungen, von denen man nach Untersuchungen anzunehmen pflegt, dass sie die im Magen enthaltenen Stoffe vom Fundus an der grossen Kurvatur desselben hin und von da an der kleinen Kurvatur zum Pylorus bewegen. Sicher drückt stets die allgemeine peristaltische Kontraktion der Magenwand gegen den Pylorus an, dessen fester Verschluss anfänglich den Durchtritt verhindert. Ziemlich bald schon treten in kleinen Mengen flüssige Stoffe durch, und mit der Zeit erfolgt pausenweise eine unverkennbare Ermüdung der Klappenmuskulatur, auch den festweichen und festen Stoffen den Durchtritt gestattet.

Der Verschluss an der Cardia ist von Anfang an nicht so fest, wie der am Pylorus. In grosserer Menge in den Magen hinabgeschluckte Gase z. B. nach dem Essen



gen Getränken können hier als an dem höchstgelegenen Orte wieder entweichen, was nie ohne eine Mitwirkung der peristaltischen, den Inhalt pressenden Bewegungen der Muskulatur erfolgen kann. Wenigstens geschieht das Entweichen der Gase mit Gewalt, dass öfters geringe Flüssigkeitsmengen mit aus dem Magen in den Oesophagus werden, die dann durch ihre saure Beschaffenheit zu jenem brennenden Gefühl der Oesophagus Veranlassung geben können, welches das «Aufstossen» begleiten kann.

Bewegungen des Magens sowie der Verschluss des Pfortners sind zweifelsohne reflex durch den Reiz der in den Magen gelangten Stoffe erzeugt. Damit steht es in Zusammenhang, dass sie um so stärker auftreten, je intensiver die reizende Ursache einflüssigkeiten reizen die sensiblen Magennerven für gewöhnlich nur in geringem Grade, sodass also auch der von den Gefühlsnerven auf die Bewegungsnerven reflektirte Reizanstoss nur gering ist und geringe Muskelkontraktionen hervorruft. Oft schon nach dem Essen verlassen verschluckte Flüssigkeiten den Magen durch den Pfortner. Feststoffe rufen sehr kräftige Kontraktionen der Magen- und Klappenmuskulatur hervor. Wir sehen wie innig auch hier das Ineinandergreifen der verschiedenen Thätigkeiten eines Organes sich zeigt. Die festen Stoffe bedürfen zu ihrer Verdauung ein längeres Verweilen im Magen und eine gesteigerte Absonderung von Magensaft. Der sensible Reiz, auf die Schleimhaut durch mechanische Reizung ausüben, ruft nicht nur die geforderte Absonderung hervor, wir sahen ja auf experimentelles Reiben an der Schleimhaut den Reiz massenhaft hervortreten; derselbe sensible Reiz reflektirt sich aber nicht nur auf die sensiblen Nerven, sondern auch auf die Bewegungsnerven des Magens; starke Kontraktionen sind die Folge, welche die Magenöffnung langdauernd fest geschlossen halten, wodurch die zweite Forderung für die Magenverdauung erfüllt wird und die festen Stoffe Stunden lang im Magen verweilen können.

Nervenmechanismen der Magenbewegungen sind bisher noch fast ebenso wenig vollkommen erforscht, wie diejenigen, welche der Sekretion der Magendrüsen vorstehen. Aus allen Beobachtungen geht jedoch hervor, dass der Magen seine nervösen Bewegungsorganen, auf deren Erregung seine geordneten Bewegungen erfolgen, in sich besitzt, denn auch am ausgeschnittenen Magen sehen wir sie noch in regelmässiger Thätigkeit auftreten. Ausser den eigenen im Magen gelegenen centralen Bewegungsorganen, als die von Meissner beobachteten zahlreichen Ganglien in der Bindegewebsschicht des Magens, angesprochen werden dürfen, erhält der Magen auch noch Zweige vom Vagus. Durch vielfache Beobachtungen hat sich, wie es scheint sicher, herausgestellt, dass die Magenbewegungen vom Vagus beeinflusst werden können, aber nur dann, wenn im Magen selbst gelegenen nervösen Centralorgane im Zustande der Erregbarkeit sind. Dieses ist der Fall, wenn der Magen schon einige Zeit im Zustande der Verlangsamung begriffen war. Es erfolgt dann auf Vagusreizung entweder eine einfache peristaltische Aktion oder eine Zusammenziehung, welche von der grossen Kurvatur zur kleinen hin herüberläuft (Bischoff). Die eben angeführte Beobachtung ist auch darum von Wichtigkeit, weil sie uns ein Fingerzeig wird in dem dunkelsten Gebiete der Nervenphysiologie zeigt uns, dass zum Zustandekommen gewisser auf nervöser Grundlage beruhender Reflexaktionen es nicht genügend ist, dass der anatomische Mechanismus vorhanden ist, sondern dass sich die nervösen Organe in dem Zustande der Erregbarkeit befinden müssen, der zweifelsohne einer bestimmten chemischen Zusammensetzung derselben entspricht. Die sensible Erregung von der Magenschleimhaut her müssen die Ganglienzellen erst in Thätigkeit versetzt werden, die auf einer durchgreifenden chemisch-physikalischen Aenderung derselben beruht, welche die Schranken gleichsam niederreisst, die sich dem Herkommen eines Reizes von den allgemeinen centralen Nervenapparaten widersetzen. Der Reiz, welcher vorher zu schwach war, Bewegung auszulösen, ist dazu nun im Stande, da die Bewegungshemmung verschwunden ist. Dadurch dass chemisch-physikalische Aenderungen in nervösen Organen eintreten, sehen wir, da sich jene Umwandlungen theilweise auf Nachbarglieder übertragen, auch Nachbarorgane zur Thätigkeit geschickt werden, und wir begreifen

so, wie Mitbewegungen, coordinirte Bewegungen etc. so leicht erfolgen. Momenten, welche die Erregbarkeit der Magenganglien erfordert, gehört es, dass die Nerven eine bestimmte Temperatur. Der leere ausgeschnittene Magen kontrahirt sich, wenn man ihn bis 25°C. erwärmt (CALIBURCES).

Da der Vagus nicht der eigentliche Bewegungsnerve des Magens ist, so dass nach seiner Durchschneidung die Magenbewegungen noch nicht vollständig werden, wie es scheint, beeinträchtigt. Das Oesophagusende ist geschlossen, da es keine Bewegungen zum Weiterschaffen mehr macht, von den aufgenommenen Nahrungsmitteln angefüllt und ausgedehnt.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Der Darmkanal der Wirbelthiere zerfällt in den Anfangsdarm: mit Schlund und Magen, den Mitteldarm oder Dünndarm und den Enddarm oder Dickdarm mit Coecum und Rectum. Bei Amphioxus, den Cephalopoden und dem Proteus verläuft das Darmrohr wenigstens äusserlich ziemlich gleichmässig. Unterschiede treten fast nur in der Schleimhaut der verschiedenen Abschnitte auf. Bei Fischen geht meist die weite, längsgefaltete Speiseröhre ohne deutliche Erweiterung in den Magen über, der gewöhnlich einen nach hinten gerichteten Blindsack besitzt. Bei Amphibien findet sich meist ein deutlicher Magen, der sich bei einigen quer zu verläuft. Unter den Reptilien verläuft bei Schlangen und Eidechsen der Magen wenig gebogen, bei Schildkröten und Krokodilen finden sich dagegen höhere Zustände. Bei Kröten zeigt sich eine grosse und kleine Kurvature; der sackartige Magen erinnert durch sehnige Scheiben auf der Muskelfläche an den Vogelmagen. Bei Vögeln ist die noch meist die schon oben besprochene Erweiterung der Speiseröhre, die Cardia, vorhanden, zerfällt der Magen in zwei Abschnitte, in den sogenannten Vormagen (Proventriculus), der als eine drüsenreiche Erweiterung der Cardia betrachtet werden kann, und den Muskelmagen. Bei den pflanzenfressenden Vögeln bilden die Muskelmagen zwei starke muskulöse Schalen von glatten Fasern, die mit Hilfe der oberflächlichen, fester werdenden, die Mageninnenfläche mit einer schwieligen Schichte bedecken, zur Zermalmung der aufgenommenen Nahrung beitragen können. Bei Säugethieren ist kurz und eng, an seinem Anfang stehen zwei Blinddärme. Mastdarm und Harn- und Geschlechtsorgane öffnen sich in eine gemeinsame Kloake.

Bei den meisten Säugethieren ist der Magen einfach, besonders bei den Carnivoren. Auch bei den auf Pflanzennahrung angewiesenen Einhufern ist der Magen einfach.

Bei den Paarhufern zeigt aber die Cardia eine Erweiterung der Speiseröhre. Bei den Wiederkäuern zerfällt der Magen in zwei deutlich geschiedene Abtheilungen. Bei den Riesen-Känguruh unterscheidet sich der Magen bei den Faulthieren vier Abtheilungen. Bei einigen Affen haben zusammengefasst. Bei den Cetaceen kommt ein zusammengesetzter Magen sowohl bei den fressenden als den pflanzenfressenden vor. Am bekanntesten sind die vier Abtheilungen des zusammengesetzten Magens der Wiederkäuer.

Hier finden sich vier Abtheilungen. Die letzte gleicht durch seine Form und Lage der Magenabsonderung dem Muskelmagen der übrigen Säugethiere. Die drei ersten Abtheilungen sind noch mit dem Epithel der Speiseröhre bekleidet und stehen somit an der Cardia, wie die Portio cardiaca der einfachen Magens.

Fig. 86.



Magen einer Antilope. A Von vorne gesehen. B Von hinten geöffnet, so Speiseröhre. I Rumen II Netzmagen III Blattermagen. IV Labmagen. p Pylorus. s Schlundrinne.



zur vorläufigen Erweichung der vegetabilischen Nahrung unter Einwirkung des Wau (Pansen, Rumen, ist die erste, grosse Abtheilung; seine innere Oberfläche ist durch viele platte Warzen aus. In ihm zeigen sich die Nahrungsmittel noch unverändert. Die zweite kleinere Abtheilung ist die Haube (Netzmagen, Reticulum) durch die gezackten Falten der inneren Haut; sie steht mit der ersten Magenabtheilung in einem weiten Zusammenhang. Im dritten Magenabschnitt, dem Blättermagen (Omasus, Psalter, Buch), bildet die Schleimhaut eine grosse Anzahl hoher Längsfalten wie die Blätter eines Buchs neben einander sich erheben. Aus den beiden ersten Magen gelangt das erweichte Futter wieder in den Mund zurück, erst nachdem es wieder fein zerkleinert ist, gelangt es an den beiden ersten Magen vorbei sogleich in den vierten. Indem die Rinne, durch welche die ersten Magen mit der Speiseröhre zusammenhängen, sich schliesst, bleibt für den Bissen nur der Weg in die beiden letzten Magen (J. MÜLLER).

Mitteldarm wird bei den Wirbelthieren von dem Anfangsdarm meist durch die Ringmuskulatur-Klappe des Magens abgegrenzt. In Beziehung auf Länge des Darms bestehen grosse Unterschiede, indem die Fleischfresser einen kurzen, aus wenig Windungen bestehenden Darm besitzen, die Pflanzenfresser einen sehr langen Darm besitzen. Dass es sich bei der Vermehrung der Magenabschnitte, wie bei der Verlängerung des Darms bei den Pflanzenfressern um eine andere Arbeit der Verdauungsorgane zur Bewältigung der vegetabilischen Nahrung handelt, geht aus der merkwürdigen Umwandlung hervor, welche die Larven der ungeschwänzten Insekten zeigen. Diese Larven leben von Pflanzennahrung; ihr Darm ist eine lange, in vielen Windungen gelagerte Schlinge. Das ausgebildete Thier lebt von animaler Nahrung; im letzten Larvenstadium stellt sich eine Reduktion des Darms ein, der sich auf wenige Abschnitte verkürzt. Die pflanzenfressenden Säugethiere leben umgekehrt nach der Geburt. Der erste Magen der Wiederkäuer ist klein, solange sie von Milch leben, und wächst mit der wachsenden Arbeit, die ihm zufällt bei dem Nahrungswechsel. Derselbe Unterschied zwischen pflanzen- und fleischfressenden Thieren findet sich in Beziehung auf die Länge auch bei den Vögeln. Bei den Fischen ist der Darm meist kurz; hier treten zur Kompensatorische Vorrichtungen ein durch zahlreiche Schleimhautvorsprünge; bei Haien und Haifischen z. B. ist die innere Wand des Mitteldarms durch eine spiralförmige Falte ausgezeichnet, die ihn in zahlreichen Umgängen durchsetzt: Spiralklappe. Der Unterschied zwischen Mittel- und Enddarm (dünnem und dickem Gedarm) ist bei den Fleischfressern weniger ausgeprägt als bei den Pflanzenfressern. Der Grimmdarm ist bei den Pflanzenfressern sehr weit und lang. Der Blinddarm ist bei Fleischfressern meist klein, bei Einhufern, Wiederkäuern und den meisten Nagern ungemein lang, beim Menschen beim Biber 2 Fuss. Bei Dasyurus unter den Beutelhieren findet sich dagegen im Enddarm noch ein Unterschied zwischen Dünn- und Dickdarm.

Die Darmeinrichtungen der Wirbellosen war schon oben S. 267 die Rede. Hier noch einmal hingewiesen auf die Zahnräder im Magen der Krebse und mehrerer Insekten (Orthopteren). Bei einigen fleischfressenden Insekten kommt ein zusammenhängender Magen vor. Im Allgemeinen besteht der Darmkanal der Insekten mit der Speiseröhre, dem Saugmagen (nur bei Hymenopteren, Schmetterlingen, Zweiflüglern), dann dem Kelmagen im Innern mit Zähnen oder Hornleisten besetzt (bei den fleischfressenden Insekten und den meisten Orthopteren) und dann dem Darm, der nach der Drüseninsertion in zwei Abschnitte zerfällt (J. MÜLLER).

### Die Dünndarmbewegungen.

Die Bewegungen des Darms scheinen lebhafter als die des Magens zu sein. Öffnet man einem eben getödteten Thiere den Unterleib, so sieht man nach kurzer Zeit die vorher ziemlich ruhigen Därme in lebhafteste Bewegungen gerathen. Diese Bewegungen begin-

nen als Kontraktionen an einer Darmstelle; die Zusammenschrumpfen über die Schlingen fort, indem sie den Darminhalt, Gase, manchmal lautes Geräusche, vor sich hertreiben, indem sich stets die höhergelegten wieder erweitern. Die Bewegung wird so lebhaft, dass sich eine Schlinge über der andern hin- und herschiebt, stets wieder durch benachbarte Schlingen zu gleich lebhafter Bewegung anreizend, so dass man den Anblick vieler durch einander kriechender dicker Würmer denkt. Die deutsche Bezeichnung »würmförmig« ist somit für die peristaltischen Bewegungen sehr gut gewählt.

Innerhalb der nicht geöffneten Leibeshöhle sind die peristaltischen Bewegungen nicht so lebhaft. CALVERT fand, dass die Darmbewegungen unter der normalen Körpertemperatur am lebhaftesten eintreten. Man kann unter Umständen bei mageren Individuen die Darmbewegungen auch durch die Bauchdecken hindurch sehr deutlich. Auf ihnen beruht ohne Zweifel das Fortrücken des Inhaltes im Darne.

Abgesehen von der Art der peristaltischen Kontraktionen selbst, sie von oben nach unten fortschreiten, ein Ausweichen des gepressten Inhaltes nach oben schon für sich allein erschweren, hindern dieses auch noch die penförmig gestellten KERRING'schen Falten der Schleimhaut, die über der Oberfläche vermehrte der Darmschleimhaut analog den Zotten und Lymphdrüsen anzusehen sind. Ist einmal der Inhalt bis in den Dickdarm gerückt, so verhütet die BAUIN'sche Klappe am Coecum den Rückgang. Im Dickdarm selbst scheinen für gewöhnlich die peristaltischen Bewegungen gering zu sein. Dort verweilt der Darminhalt offenbar eine verhältnissmässig lange Zeit, welche hinreicht, um ihn vor allem durch den fortgehenden Verlust in Koth umzuwandeln.

Zweifellos erfolgen die Darmbewegungen normal auf reflexorische Weise, indem die Muskeln von der durch den reizenden Inhalt erfolgenden Darmschleimhautreizung aus in Thätigkeit versetzt werden. Da auch der abgeschnittene Darm sich noch peristaltisch bewegen kann, da auch nach der Entfernung des Rückenmarks und Gehirnes bei Fröschen die Verdauung noch ihren massigen Gang geht, so ist es bewiesen, dass die nervösen Centren, welche diesen Vorgängen vorstehen, sicher in dem Darne selbst gelegen sein müssen, und dass hier die zahlreichen Ganglien in der Bindegewebe diese Centren denken.

PFLÜGER hat zuerst nachgewiesen, dass auch die Darmbewegungen durch Einflüsse von aussen her und zwar vom Splanchnicus aus erfolgen. Er fand, dass auf Reizung des Splanchnicus und des Brusttheils des Rückenmarks die peristaltischen Bewegungen der Gedärme aufhören. Man findet, dass dieses überraschende Verhalten, dass auf Nervenreiz, Bewegung vernichtet wird, in den organischen Vorgängen nicht einzigartig ist. Wir werden im Vagus ebenfalls einen »Hemmungsnerve« und Herzbewegung kennen lernen.

Die Beobachtungen O. NASSI's, nach denen der Splanchnicus auch motorische Fasern für den Darm besitzt, was mit den Beobachtungen BÖHRER's zusammenhängt, welcher gezeigt hat, dass der Splanchnicus neben sympathischen Fasern auch



halt, hat neuerdings Bestätigung gefunden. Motorisch, anregend auf die Darmbewegung nach Nasse die Reizung des Splanchnicus nur bei getödteten Thieren wirken. Rectum erhalten motorische und sensible Fasern von dem die Art. mesent. inf. und den Plexus, aus dem unteren Theil des Rückenmarks. S. Mayer und v. Basch zeigt, dass der Splanchnicus nur dann die Darmbewegung anzuregen vermag, wenn er venöses Blut enthält, sodass auch im Leben diese nervöse Wirkung eintreten sollte. Dieselbe äurende Wirkung haben sie für den Vagus erwiesen (s. Magenbewegung), auch erst wirksamer wird unter denselben Bedingungen wie der Splanchnicus. Beobachtung Prücka's über die hemmende Wirkung der Splanchnicus-Reizung wie wie fast alle Experimentatoren, die über diesen Gegenstand arbeiteten, bestätigen. Den Erfolg bedingt von einer Einwirkung der Reizung auf die Gefässnerven, nur wenn die Reizung Gefässe des Darmes sehr verengt werden und dadurch die Zufuhr und wirkenden venösen Blutes abgeschnitten sei, trete die hemmende Wirkung ein. Es ist eine analoge hemmende Wirkung auch gesehen haben, sodass im Gang bei spontanen Darmbewegungen in auffällender Weise sich beruhigen, auf Kompression des Thorax, auf Aussetzen der Respiration und auf Vagusreizung. Sensibilität des Splanchnicus ergibt die Schmerzhaftigkeit aller Operationen an ihm. Es fand, dass die Arterien der Eingeweide (Magen, Milz, Leber, Pankreas, Darm) empfindlich werden durch die sie umspinnenden Nerven. Die übrigen Theile des Körpers sind unempfindlich.

### Die chemische Ursache der Darmbewegungen.

Licht auf die inneren Gründe des Zustandekommens der Bewegungen der Darmmuskulatur und damit der Muskelbewegungen überhaupt werfen die Versuche von Krause und v. Basch. Es ergibt sich aus ihnen, dass gewisse chemische Veränderungen des Blutes auswirken desselben, und damit der Gewebsflüssigkeit, in den Muskelnerven oder selbst als letzte Gründe der Darmbewegungen aufgefasst werden müssen. Wenn man bei lebenden Thieren die Luftröhre, so beginnen mit den Erstickungskrämpfen der weniger starke peristaltische Bewegungen der Darne, welche bei wieder gesetzter Respiration verschwinden. Denselben Effekt hat Kompression des Arcus aortae (Pfortader, auch Verbluten und leichte Abkühlung der Gedärme).

Es liegt keinem Zweifel, dass im normalen Organismus derselbe Grund wirksam ist. Wer erinnert sich hier nicht an das Faktum, dass während der Verdauung, während der peristaltischen Bewegungen gefordert werden, das Blut in gesteigertem Masse Eigenschaften erhält, mehr Kohlensäure im Blute vorhanden ist, wie schon die gesteigerte Ausscheidung dieses Stoffes durch die Athmung beweist?

Während der Anwendung der Bauchpresse verschliessen wir die Athemspalte längere Zeit, so muss daraus derselbe Antrieb auf die peristaltischen Bewegungen resultiren, den die künstliche Verschlussung der Trachea bewirkt. Es wirkt also die Bauchpresse in dem Sinne befördernd auf die Darmentleerungen ein. Wahrscheinlich ist die Anregung der Darmbewegung das wichtigere von beiden Momenten. Dass es sich bei der Entstehung der Darmbewegungen um Anhäufung reizender Stoffe im Gewebe handelt, geht aus O. Nasse's Angaben hervor, welcher die Darmbewegungen beschwichtigen konnte, indem er die Muskeln durch Durchsprützen von 0,6procentiger Kochsalzlösung durch ihre Blutauswusch.

Untersuchungen von S. Mayer und v. Basch haben neuerdings diese Annahme bestätigt, die oben z. Thl. im Widerspruch mit O. Nasse's Schlüssen aus seinen Versuchen steht wurden. Sie finden, dass durch die Anwesenheit von venösem Blut im Darm ein bestimmtes Moment für die irritablen Gebilde desselben gesetzt wird, ohne dass sie die Frage aufrufen, ob der Grund des Reizes in dem Sauerstoffmangel oder der Kohlensäure des Blutes liegt. Wichtig sind ihre oben erwähnten Beobachtungen, dass die nervösen

Einwirkungen von Vagus und Splanchnicus zur Anregung von Darmbewegung treten, wenn die reizbaren Gebilde des Darms durch die Einwirkung von reirregbarer geworden sind, was in analoger Weise die oben mitgetheilte Beobachtung für den Magen ergab. Die hemmende Wirkung des Splanchnicus auf die Där (Pflögen) wollen sie von Einflüssen der Rückenmarks- und Splanchnicusgefässmuskulatur des Darms ableiten. Diese Annahme, die uns vielleicht einen blick in alle nervösen Hemmungsvorgänge gewährt, lässt aber nicht nur dar dass das venöse Blut immer neu zugeführt werden müsste, um als neuer Boz Wenn auf Splanchnicus- oder Rückenmarksreizung die Arterien des Darms ihr engern oder verschliessen, so häufen sich im Darmgewebe die reizenden Zer dukte in gesteigertem Masse an, da sie durch den Blutstrom nicht mehr enli In geringer Quantität sehen wir diese reizend, in grösserer aber Bewegung ermüdend wirken, die Hemmung könnte sonach auch in »Ermüdung« begg

Das Nicotin im Tabake ist ein sehr starkes Erregungsmittel für die Darm und befördert dadurch die Darmentleerung. Im Kaffee sind die empyreum nicht das Kaffee, ebenfalls in diesem Sinne wirksam. (O. Nasse).

**Zur Entwicklungsgeschichte des Darms.** — Die hintere Darmöffnung wird dadu dass das gemeinsame Darm- und Allantois-Ende: die Kloake in eine in der siebenten Wochen von aussen her einsinkende Grube durchbricht. Die gemein wird in der Folge durch das Hervorwachsen einer Scheidewand zwischen Dar tois: das Perinaeum in eine besondere Oeffnung für den Darm und für die au sich bildenden Organe getrennt. Der Darmkanal bildet zuerst eine gerade in se Verlauf ungefähr gleichweite Röhre längs der Wirbelsäule. In der vierten Wa sich der mit den Nabelblasengang communicirende Theil des Darms von der wodurch er eine knieförmige Knickung erfährt, in deren aus der Nabelöffnung in Spitze der bald obliterirende Ductus omphalo-mesentericus sich einsenkt. Das St der Darmnabelöffnung wird Dünndarm, das unterhalb gelegene Stück fast ga Die Grenze zwischen beiden wird bald durch eine kleine Ausstülpung: den B angedeutet. Der Darm reisst sich von dem Bauchnabel los, dessen obliterire als fadenförmiger Anhang des unteren Ileumtheils noch im dritten Monat sich bald drehen sich die beiden Darmschenkel und bilden eine Schlinge, der bisher abschnitt wird dadurch der obere Dickdarm, der früher obere Darmabschnitt Verlangern des Rohrs und gleichzeitige Verlängerung des Mesenteriums di schlingen. In der Lebergegend entsteht der Magen als bauchige Erweite später durch Drehung die Querlage einnimmt, wodurch seinen beiden Kurven Fundus ihre Stellung angewiesen wird.

### Das Rectum.

In grösseren Pausen, meist nur ein bis zwei Mal in 24 Stunden Entleerung des Dickdarminhaltes, des Kothes, statt. Sie e die peristaltischen Kontraktionen der sehr entwickelten Muskulatur d mes, unterstützt durch die Wirkungen der Bauchmuskulatur, die Bauchpresse. Durch die kräftige Einathmung hält man dabei das herabgepresst und verkürzt gleichzeitig alle Bauchmuskeln, wodurch meiner Druck auf den Bauchinhalt ausgeübt wird, welcher diesen, so beweglich ist, zu der bestehenden Oeffnung hinaus zu pressen strebt dem Harnlassen und bei dem Geburtsmechanismus sehen wir dies bungsmoment verwertbet.



den Koth austreibenden Kräfte haben den Widerstand der für gewöhnlich geschlossenen Sphinkteren des Mastdarmes zu überwinden. Durch die Kontraktion des Levator ani wird das Ende des Mastdarmes über den festen in ihm enthaltenen Inhalt gleichsam hinaufgestülpt, hinaufgezogen, gleichzeitig verhindert das Herauspressen des Mastdarmes aus der Anus-Oeffnung.

Die Dickdarmausbuchtungen geben dem Koth seine charakteristische Gestalt. Sobald eine langanhaltende allzustarke Ausdehnung verliert der Mastdarm seine Kraft zu peristaltischen Kontraktionen. Während im anderen Falle die Kothentleerung fast allein durch letztere erfolgt, wird bei Erschlaffung der Mastdarmmuskulatur vorzüglich die Bauchpresse zum Austreiben verwendet, der Akt ist dann mühsam.

Man kann auch die Austreibungsbewegungen des Mastdarmes reflektorisch durch Reize hervorgerufen, welche auf seine Schleimhaut stattfinden. Unter bestimmten Umständen wirkt der Druck des sich mehr und mehr ansammelnden Koths als Reiz. Aber auch andere Schleimhautreize können den Drang nach Entleerung hervorrufen, ohne dass Kothanhäufung vorhanden ist.

Man hat darüber gestritten, ob die Sphinkteren für gewöhnlich aktiv durch Muskelkontraktion geschlossen seien, auch wenn kein Schleimhautreiz stattfindet. Man wollte aus der Beobachtung dieser Frage beweisen, dass den Muskeln ein gewisser ruhender Kontraktionszustand — Tonus — zugeschrieben werden müsse. Die Beobachtung hat diese Frage noch nicht mit aller Sicherheit entschieden, doch scheint es wahrscheinlicher, dass die fragliche Thätigkeit ihren Grund auch in reflektorischer Erregung der betreffenden Muskelfasern findet.

WERNER und NAWROCKI banden an lebenden Thieren in das S. romanum eine Glasröhre, durch welche sie von einem Gefässe aus Wasser einfließen lassen konnten. Nach Durchschneidung der Nerven des Rectums bedurfte es eines viel geringeren Druckes, also einer niedrigeren Wassersäule in der Röhre, um ein stetiges Ausfließen aus dem Anus zu bewirken. Sie schlossen daraus auf einen unwillkürlichen Tonus der Sphinkteren. Das Experiment scheint aber ebenso mit der Annahme von Reflexwirkungen zusammen zu passen.

## 2.

### Resorption der Nahrungsstoffe in's Blut.

#### Endosmose und Filtration im Darm.

Die Verdauung hat den Zweck, den meist, trotz der Gleichheit ihrer atomistischen Zusammensetzung, verhältnissmässig von den Stoffen des lebenden Körpers verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten noch sehr verschiedene Nahrungsstoffe die Eigenschaften einzuprägen, welche sie tauglich machen, an den Lebensvorgängen im Organismus zu betheiligen.

So dass diesen so umgewandelten Stoffen die Möglichkeit gegeben wird, durch die Darmrohre in das Blut, den eigentlichen Ernährungssaft des Leibes, einzutreten, würden sie selbstverständlich für den Haushalt des Organismus werthlos

gewissen pathologischen Veränderungen des Darmlebens werden keine oder wenigstens fast keine Stoffe aus dem Darmlumen aufgesaugt. Es ist klar, dass der Organismus bei diesem Zustande aus Hunger zu Grunde gehen könnte, wenn

auch noch so viel Nahrungsmittel genossen und im Munde, Magen und verdauenden Einflüssen unterliegen würden.

Die Lehre von der Resorption im Darmrohre steht der Lehre der Verdauung an Wichtigkeit nicht nach.

Leider sind die Gesetze, nach denen die Resorption erfolgt, noch vollkommen aufgehellt.

Die Zeit ist freilich vergangen, in der man den fraglichen Vitalismus erklären durfte; der Magen ist nicht mehr das *org. geisth.*, welches beständig nach Nahrung kourrt und die ihm genüsslich verschlingt. Kein grosser Fortschritt von dieser kindlichen Ansicht, wenn man den »Saugadern« oder den Blutkapillaren den Mund, welcher aktiv die verflüssigten Nahrungsstoffe in sich einsaugte,

Seit dem Bekanntwerden der osmotischen Vorgänge hat man das Gesetz der Diffusion als die Ursache des Uebertrittes der gelösten Stoffe aus dem Darm in die Saftmasse angesprochen. Und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie auch in Wahrheit in ausgedehntem Maasse hieher kommen. Doch war es vorschnell, die Resorption allein als ein Produkt aufzufassen. Offenbar kommen die mechanischen Vorgänge der theilweisen Filtration theils unter negativem Drucke stattfindenden Filtration theils unter positivem Drucke stattfindenden Filtration vor. Die Filtration ist vielleicht in viel ausgedehnterem Maasse als jene zur Wirkung. Die Filtration der unter Saugdruck im Darm stattfindenden Filtration reaktiviert in gewisser Weise die alte Anschauung von der aktiven Betheiligung der Saugadermündungen bei der Stoffaufnahme; sie ist uns einer der vielen Beweise, dass Vorgänge, die anfanglich nur durch Wirkungen einer ganz unbegreiflichen Lebenskraft zu erklären waren, sich bei näherer Betrachtung auf einfache auch aus der Natur bekannte physikalische Gesetze zurückführen lassen. Beim Menschen hat A. HELLER in den Lymphgefäßen des Mesenteriums rhythmische, den Stämmen fortschreitende Kontraktionen der durch Klappen getrennten Abschnitte wahrgenommen, wodurch der einmal eingesaugte Inhalt von peripherie aus dem Centrum aktiv zugepresst wird.

Dass bei der Aufsaugung im Darne die Diffusion eine Rolle spielt, ist schon der Umstand, dass die Nährstoffe durch die Verdauung alle in absorbierbare verwandelt werden.

Das Eiweiss, welches an sich wahrscheinlich gar keine wahren  
 bilden vermag und dessen endosmotisches Aequivalent darum nahe  
 erhält nach FENKE's schon erwähnten Untersuchungen als Pepton d  
 leicht durch thierische Membranen sowohl zu diffundiren als zu filtrir

Wie die Eiweissstoffe so wird auch das Amylum durch seine  
in Zucker durch den Verdauungsvorgang zu einem leicht diffundirba-

Der Bau der Schleimhaut zeigt es, dass die im Darme befindlich mit den in dem Schleimhautparenchyme, in den Lymph- und in den Blutgefäßen befindlichen Flüssigkeiten von anderer Konzentration und Zusammensetzung osmotischen Verkehr treten müssen. Wir haben hier überall jene gewöhnlichen Molekularzwischenräumen mit wässrigen Lösungen gefüllten Membranen, die wie wir wissen den Stoffaustausch der Flüssigkeiten, welche getrennt werden, nicht verhindern. Durch die molekularen Wege, welche die Darmgewebe durchsetzen, muss das Bestreben der Flüssigkeiten



und andern Seite sich gleichmässig zu mischen, hindurchwirken. Wirklich für einige Fälle der Aufsaugung im Darne auch im Stande zu zeigen, sich den Gesetzen der Osmose zu erfolgen scheinen. Wir wissen, dass die Lösungsgeschwindigkeit der salzsauerer und schwefelsauerer Salze bedeutend verschieden ist, und dass Membranen in den beiden Lösungen ein verschiedene Durchlassungsmaximum besitzen. Diesen Erfahrungen entspricht es, dass in den Darm gebrachte Lösungen von salzsauerer Alkalien in der gleichen Menge leichter aufgenommen werden als die schwefelsauerer (LUDWIG).

Diesem Experimente aber ableiten zu wollen, dass die Osmose überhaupt der wichtigere Vorgang bei der Resorption sei, wäre sicher nach unseren bisherigen Darstellungen ungerechtfertigt. Durch die mit der Schleimhaut zusammen gebrachten verschiedenen Lösungen wird ihre Durchlassungsfähigkeit ihre Porenweite in verschiedener Weise beeinträchtigt.

Es können Filtrationsströme entstehen, wenn auf der einen oder andern Seite Flüssigkeiten Druckverschiedenheiten ausgesetzt sind. Solche Druckverschiedenheiten finden im Darne sicher statt. Es befindet sich der Darm unter dem pressenden Einflusse der peristaltischen Bewegungen der ihn umgebenden Darmmuskulatur, also unter einem positiven Drucke. In der Konvexität der Zotten des Darmes und der Lymphgefässe finden wir ein Moment, welches eben genannten positiven Druck gegenüber auf der entgegengesetzten Seite zeitweilig einen negativen oder Saugdruck erzeugt. So verbindet sich die Wirkung der Diffusion im konkreten Falle stets mit der der Filtration, sodass es schwerlich kaum jemals weder der eine noch der andere allein zur Wirksamkeit kommen kann.

Die Kapillarattraktionen scheinen bei der Aufnahme mitzuwirken.

### Bau der Darmzotten.

Darmzotten sind die uns schon bekannten zottenförmigen Schleimhautwucherungen, welche der Darminnenfläche das sammetartige Aussehen für das bloße Auge verleihen. Sie sind mit einer Schichte derselben Cylinderzellen überzogen, die wir auch sonst den Darm auskleidend finden. Es sind das die Zellen, deren freier, oberer, verdickter Rand, oder Zellendeckel, in der Längsrichtung die Zeichen einer vielfältigen Durchbohrung durch feine Poren erkennen lässt (KÖLLIKER, FUNKE U. A.). An ihrem unteren Ende, mit der Schleimhaut ansitzend, verengern sie sich mehr und senden wohl feine, Ausläufer in das eigentliche innere Zottengewebe hinein, von denen es wahrscheinlich ist, dass sie sich mit den Ausläufern der das Zottengewebe durchsetzenden Bindegewebskörperchen zu einem zarten Kanalnetze verbinden (HEIDENHAIN). Diese Bindegewebs Hohlräume sollen nach HEIDENHAIN die Enden der Kapillaren der in den Zotten befindlichen Lymphgefässanfänge sein. Es existierte also eine offene Verbindung zwischen dem Darmlumen und den Lymphgefässen. E. H. WERER nimmt ein abgeschlossenes Chyluskapillarnetz an der Zotte an, andere behaupten die Fortbewegung der Lymphe in geschlossenen Hohlräumen (FUNKE, BRÜCKE, BASCH U. A.).

Die Grundsubstanz der Zotte hat im Allgemeinen denselben Bau wie die Schleimhaut. Wir finden ein Netz von Bindegewebskörperchen, oder Fasern, in

welches reichlich rundliche, kernhaltige Zellen, von der Gestalt der Lymphzellen, eingelagert sind. An der Oberfläche stehen diese Zellen. Zwischen Epithel und Zottengrundgewebe findet sich ein zarter, lockersamer Saum, der als eine stärkere Entwicklung der ungeformten Zellen angesehen werden kann. Diese Schicht stellt nicht als eine eigentliche Grenzhaut erscheint. Die Zotte ist mit Blut- und Lymphgefässen und organischen Muskelfasern versehen. Der Zottenfortsatz.

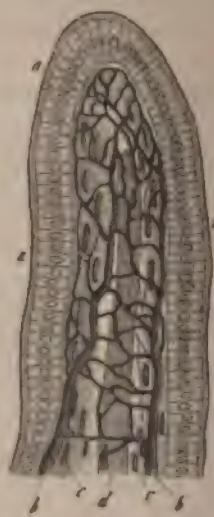
In dem Centrum der Zotten finden sich die Anfänge der grösseren Gefässe oder, wie man sie im Darne nennt, Chylus- oder Milchgefässe. In schmalen Zotten findet sich beim Menschen meist nur ein Gefäss, welches meist mit einer etwas kolbig angeschwollenen Spitze nahe unter der Zottenoberfläche endigt (Fig. 87). Manchmal findet man auch solche Stämmchen, welche sich im oberen Theile der Zotte schlingen. Bei Thieren finden sich öfters bis zu 4 Chylusstämmchen. In der Zottenspitze ein grobmaschiges Netz bilden. Die Bindegewebsgefässe münden in diese Gefässchen. Sie haben nach KÖLLIKER eine erkennbare Muskelschicht und führen direkt in die grösseren Lymphgefässe, welche besonders in den feinsten Anfängen mit reichlichen Klappen versehen sind, welche den Chylusstrom nur in centraler, von den Zotten abgekehrter Richtung gestatten.

Fig. 87.



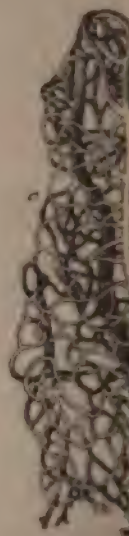
Zwei Zotten ohne Epithel mit dem Chylusgefäss im Innern, von Kalte, Zotten mit verg. und mit verdünntem Natrium behandelt.

Fig. 88.



Eine Darmzotte nach LEYDIG.  
a Das mit verdicktem Saume versehenes Cylinderepithelium;  
b das Kapillarnetz; c Längslängs glatter Muskelfasern;  
d das in der Axe befindliche Chylusgefäss.

Fig.



Das Gefässnetz als Haaren mit dem an dem Kapillarnetz vom Zentrum

BÄCKE entdeckte um die centralen Chylusgefässe der Zotten längslaufende Schicht organischer Muskelfasern aus sehr zarten, so



stehend. KOLLIKER verfolgte sie zwischen die LIEBERKUHNSchen Drüsen Tiefe und fand ihren Zusammenhang mit den Muskelfasern der

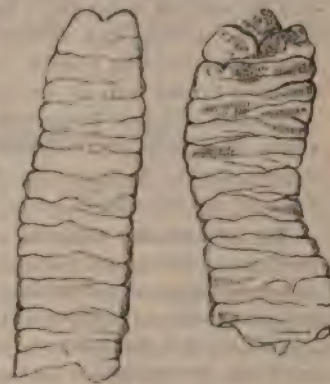
der diesen bisher genannten Gewebsbestandtheilen besitzt jede Zotte noch ein reiches Netz von Blutgefässen, welche, fast direkt unter dem hellen End der Zotte gelegen, ein Gerüste für das übrige in sie eingeschobene Gewebe stellt. Ein bis drei kleine Arterienstämmchen führen den Zotten das Blut zu, unter reichlicher Kapillarverästelung in ihnen bis an die Spitze empor, wo ihre Kapillaren endlich wieder meist in ein grösseres Venenstämmchen münden (88. 89).

### Der Mechanismus der Aufsaugung durch die Zotten.

Die Muskelfasern der Zotten bewirken eine Zusammenziehung derselben, die sich als Verdickung und Dickenzunahme zeigt (BRÜCKE). SCHARFF behauptet, dass die Galle als Reiz die Zottenmuskulatur fungiere. Durch diese Zusammenziehung, wahrscheinlich unterstützt durch die nach den Stämmen rhythmisch fortschreitenden Kontraktionen der Chylusgefässe (bei dem Meerschweinchen beobachtet), wird sowohl der Inhalt der Blut- als der Chylusgefässe aus der Zotte herausgepresst. Sowie die Zottenmuskeln wieder erschlaffen, dehnt sich das Blut wieder reichlich in die Zotte ein, und die grosse Anzahl der plötzlich sich entleerten Gefässe dehnt die Zotte wieder zu ihrem ruhenden Umfange aus (Fig. 90). Die Kontraktion entleerten Chyluswurzeln kontrahirt sich von den grösseren Chylusgefässen her der Zotte. Sie werden durch die Erektion der Zotten stark ausgedehnt, es entsteht dadurch ein negativer Druck in ihnen, der zur unmittelbaren Folge ein Anströmen von Flüssigkeiten aus dem Darmrohre durch die Epithelzellen in die Chyluswurzeln herbeiführt. Der Eintritt wird noch durch den gleichzeitigen positiven Druck im Darmrohre begünstigt. Eine zweite Kontraktion entleert die Gefässe wieder und macht sie von neuem zum Aufströmen geschickt.

Es ist klar, dass die Resorption sonach, soweit sie von der Ansammlung besteht, von einer Funktionirung der Zottenmuskulatur abhängig ist. Alle Einflüsse, welche diese Muskelfasern lähmen, müssen die Resorption mangelhaft machen oder ganz vernichten. Viele pathologische Störungen der Darmfunktionen beruhen auf solchen Lähmungen. Es muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass in gesteigerter Wassergehalt die Muskeln lähmt. Also werden alle Momente, welche eine gesteigerte Blutzufuhr ein Austreten von serösen Flüssigkeiten in die Zotten hervorrufen, die Resorption hemmen können. So verstehen wir, dass fast alle zu starken Darmschleimstühlen mit wässrigen Stühlen verknüpft sind, die sich aus einem Mangel der Aufsaugung erklären lassen. Eine andere Art von Resorptionsorganen beschrieb in neuester Zeit LETZNERICH, er befindet sich im Widerspruch mit einer Unter- suchung von F. E. SCHULZE, welche sich auf dieselben Organe bezieht, welche von LETZNERICH als Resorptionsorgane, von SCHULZE für Schleimsekretionsorgane angesprochen werden.

Fig. 90.



Zwei in Verkürzung begriffene Darmzotten der Katze. Vergr. 60.

Zwischen den gewöhnlichen Cylinderzellen der Zotten und der Lücken aller Wirbelthiere auch des Menschen finden sich grosse runde oder facettirte Gefässe, *Vacuolen*. LERZENICH lässt sie sich fortsetzen in deutlich begrenzten die unter dem Epithel im Bindegewebe der Zotte sich zu einem Netzwerk von *Vacuolen* haben eine nach dem Darmlumen gekehrte scharf umschriebene Oberfläche, hier die *Cuticula* (Zelldeckelschichte) der Cylinderzellen unterbrochen erscheint, hält die *Vacuolen* nicht für Zellen, sondern für frei ausmündende, durch die mit dem centralen Chylusgefäss verbindende Anfangstheile des Resorptionsorgans. Bei geringer Fettfütterung sollen sich nur die *Vacuolen* mit Fett erfüllt zeigen. Die besprechende Fettfüllung der Epithelzellen des Darms soll eine pathologische sein, die den Untergang der Zelle zur Folge hat. Das Fortrücken des Inhalts soll durch stossweises Verkürzen und Strecken der Cylinderzellen erfolgen.

SCHULZE beschreibt dagegen die *Vacuolen* als *Becherzellen*, da ihr der offen stehender Theil (*Theca*) wie das Gefäss eines Römers mit einem verschobenen Kern sich zeigt, auf der *Membrana propria* aufsitzt. Er fand die *Vacuolen* ebenfalls im ganzen Darmkanal und den Darmdrüsen der Wirbelthiere. Im Epithel des Mastdarms bei Amphibien und Reptilien, im Epithel des Oesophagus, der Mundhöhle, sowie in der Nasenschleimhaut des Frosches, auch auf der Oberfläche in Wasser lebender Wirbelthiere. An den noch lebensfrischen Barteln von *Squilla* konnte er aus ihnen die Absonderung einer schleimigen Masse direkt mikroskopisch beobachten. Aus jeder der runden Oeffnungen der Becherzellen wuchs ein kleiner Hügel einer hellen, leichtgetrübbten, wie Schleim aussehenden Masse, derselbe wuchs ziemlich rasch in die Länge, schnürte sich dann an seiner Basis etwas ein, sodass das Bild eines im Abtropfen begriffenen, zähen Tropfens entstand. Wurde diese untere halsartige Einschnürung immer dünner und zerriss zuletzt, fiel ein neuer Hügel derselben Masse erschien in der Mündung der Zelle und es wiederholte sich mehrmals dasselbe Spiel. Deutlicher kann das Spiel der Zelle nicht beobachtet werden, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass die *Vacuolen* einzellige Drüsen sind, die der Schleimabsonderung vorstehen.

DOXPERS, der diese Becherzellen schon als veränderte Cylinderzellen betrachtet, sonach wenigstens für die Annahme, dass der Darmschleim theilweise aus Epithelzellen stammt, Recht. Andere halten die Becherzellen für Kunstprodukte. Einzelne Zellen, wie wir wissen, bei niederen Thieren nicht selten.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Die Schleimhaut des Darms der Wirbelthiere durchgängig Zotten und Leisten in mannichfachen Gebergängen. Am allgeringsten Zotten bei Säugern und Vögeln. Sie fehlen auch manchen Fischen nicht. Amphibien und Schnabelthiere besitzen sie trotz der älteren gegentheiligen Angaben. An den Zotten kann sich die Oberfläche derselben von Neuem zu sekundären Zotten bilden. Der Darm des Elefanten und des Rhinoceros lehrt (LERZENICH). Beim Hund lang und schmal, bei dem Rind breit und kürzer.

### Fettresorption.

Die Chylusgefässe am Darme zeigen sich etwa 4 Stunden nach fettreicher Nahrung alle reichlich mit einer weissen, milchähnlichen Flüssigkeit — Chylus — gefüllt, die bei näherer mikroskopischer Betrachtung aus Fetttropfen besteht, die in unzähliger Menge in ihr suspendirt sind, ein untrügliches Aussehen erhält. Ueberall in dem Parenchyme der Zotten zerstreut grössere oder geringere Anhäufungen von feinsten oder grösseren Tropfen. Die Cylinderepithelzellen selbst zeigen sich so reichlich



denen hier und da auch einzelne grössere Fetttröpfchen beigemischt sind, dass oft der Kern gar nicht mehr sichtbar ist. Ehe man die Kanäle der Deckmembran der Cylinderzellen, ehe man die wichtige Funktion kannte, die feinen Kapillarwege der Zellen auch für Fett durchgängig zu war diese Fetterfüllung sehr räthselhaft. KÖLLIKER konnte mit dem Mikroskop keine Tröpfchen Fett innerhalb der Zelldeckmembran, also innerhalb der Kanäle, nachweisen. Diese sammeln sich innerhalb der Zelle zu grösseren Tröpfchen und werden von da aus in das Kanalsystem der mit den communicirenden Bindegewebskörperchen angesaugt. So sehen wir ziemlich regelmässigen, manchmal netzförmig verzweigten Wegen, die den Eindruck von Kapillaren machen, die die Zotten erfüllen und dem centralen Saft zuströmen, das, durch die Erfüllung mit dem fettreichen Saft ausserordentlich erkennbar ist. Hier und da ist die Fettanhäufung durch die ganz gleichmässige, dass diese dadurch ganz undurchsichtig erscheint. In anderen Stellen sieht man nur sehr wenige bandartige Streifen mit undurchsichtigem Fettgewebe (E. H. WEBER, FUNKE).

Hauptmasse des Fettes wird zweifelsohne in den Zotten des Dünndarmes aufgenommen. Auch in den Epithelzellen der übrigen Dünndarmschleimhaut finden wir unter gleichen Verhältnissen Fettanhäufungen. Bei säugenden Thieren findet man Fett auch in den Epithelzellen des Magens. Aus dem bisher Erkannbaren hervorgeht, dass die Aufnahme des Fettes vor allem der Filtration durch die Poren der Membranen verdankt. Die Galle und die durch die Pankreasverdauung gebildeten Seifen machen die Porenwege für Fett durchgängig, das sich ihm im vorgezeichneten Wege einpressen lässt. Das Fett gelangt zum Theil direkt zuerst in die Chylusgefässe.

### Betheiligung der Blutkapillaren an der Resorption.

Eine grosse Reihe von Thatsachen beweist, dass auch die Blutkapillaren des Darmes an der Resorption sich betheiligen und Stoffe aufnehmen. Wir werden nicht irren, wenn wir die Resorption durch die Blutkapillaren vor allem auf Rechnung des Osmose setzen. In den Blutgefässen kreist das Blut, eine eiweisshaltige Flüssigkeit. Das endosmotische Aequivalent des Eiweisses ist fast  $= \infty$ , d. h. für Spuren von Eiweiss gehen unbegrenzte Mengen Wasser durch Diffusion auf die Seite des Eiweisses, wenn wir durch eine thierische Membran Eiweiss und Wasser einander gegenüberstellen. Vor allem wird es also Wasser, welches theilweise ausser in die Chylusgefässe auch in die Blutgefässe des Darmes übergeht. Aber auch bei den wahren Lösungen, bei denen wir nach den Beobachtungen keine nahezu nach den anorganischen Gesetzen der Diffusion eintreten sehen: Pepton-, Salzlösungen etc. scheint es nicht unwahrscheinlich, dass die Blutkapillaren sich an der Aufsaugung betheiligen. Die genannten wahren Lösungen bedürfen zu ihrer Aufnahme auch nicht der Darmsaureinrichtungen. Sie können schon in der Mundhöhle, im Magen aufgenommen werden, wie sie es auch werden, wenn man sie in eine frisch angelegte Wunde bringt. Man glaubt gewöhnlich, dass die feuchten Membranen der Diffusion keinen sehr bedeutenden Widerstand entgegen setzen. Aber meine Untersuchungen mit ganz frischen, lebenden thierischen Membranen, entnommen vom Darm oder Magen, dass die Imbibitionsfähigkeit derselben durchaus gross ist, wie sie die auf Osmose fussende Resorptionstheorie forderte. Sie sind insofern, solange sie ganz lebensfrisch sind, für indifferente Flüssigkeiten fast undurchlässig, solange das Epithel nicht verletzt ist. Die stark saure oder alkalische Reaktion des

Chymus wird von diesem Gesichtspunkte aus auch für die Resorption und Diffusion erleichtert S. 421.

Das Blutgefäßsystem und die Lymphgefäße theilen sich also in die Aufnahme. Für die Fette wird der speziell endosmotische Vorgang im Darne trotzdem, Ernährung der Gewebe mit Galle sie ermöglicht, stets nur ein geringer sein. Es stattfindet, geht aber wohl daraus hervor, dass das aus dem Darne stammende Pfortader während der Verdauung einen bedeutenderen Fettreichthum enthält als andere Blutadern aus anderen Körpergegenden. Dasselbe scheint auch für die Diffusion zu gelten. Wenn sie auch durch die Verdauungssäfte die Fähigkeit zu diffundiren so bleibt dieselbe doch, obwohl sie nach FUNKE fast zehnmal grösser ist als die Diffusion selbst, immer noch eine verhältnissmässig geringe, das endosmotische Aequivalent ist im Verhältnisse zu dem anderer Stoffe, z. B. Zucker, Salze, Säuren etc. ein sehr hohes. Je langsamer der endosmotische Vorgang verläuft, desto sicherer wird die Aufnahme der Stoffe der aktiven Aufnahme durch die Darmzotten: Eiweissstoffe und Fett zum grössten Theile in die Anfänge der Chylusgefäße. Ebenso geht dahin ein kleiner Antheil der leicht diffundirenden Stoffe, wie sich schon aus der Betrachtung der Diffusionsergebnisse ergeben würde, auch wenn sie in dem Chylus nicht mit Sicherheit sicher wären: Zucker, Salze, Milchsäure. Sehr merkwürdig ist es, dass kein Zucker oder nachgewiesen werden kann, es scheint danach, als ob gar keiner durch die Darmzotten aufgesaugt würde. Es scheint darin ein Fingerzeig zu liegen, wie ungünstig die Diffusion der Diffusionsvorgang im Darne zur Wirksamkeit kommt.

Es sind also vor allem: Wasser, anorganische Salze, Eiweissstoffe, Fett und einige Umsatzprodukte desselben, gemischt mit wieder aufgenommenen Verdauungssäften selbst, welche das Blut durch die Chylusgefäße aus dem Darne in den Blutkreislauf bringen. Die direkt in das Blut aus dem Darm gelangenden Stoffmengen sind aber sehr gering.

**Aerätliche Bemerkungen.** — Resorption im Dickdarm. Die Versuche von BACON über die Resorption von Albuminaten im Dickdarm sind für die Frage der Ernährung der Klystiere von Wichtigkeit. Flüssiges Eiereiweiss allein wird aus gar nicht oder nur spurweise aufgenommen, das osmotische Aequivalent selbst ist 706, das der Peptone 9,5. Peptonlösungen verschwinden rasch. Wird durch Schlagen verflüssigtes Hühnereiweiss mit einer Kochsalzlösung in einem Klystier eingespritzt (bei Hunden), so geht mit dem Kochsalz auch das Eiweiss über und der Umsatz der Eiweissstoffe des Organismus wird demzufolge entsprechend vermehrt, was sich durch vermehrte Harnstoffausscheidung zu zeigen scheint. Viel leichter als Eiereiweiss mit Kochsalz wird natürliches Muskelfleischsaft vom Dickdarm aus resorbiert. Man presst durch hydraulische Pressen im Fleisch gelöste Eiweiss aus, das dann einen rothen, stark sauren Reiz ausstellt. Im Mittel gehen 1000 Gramm Fleisch 230 Gramm Wasser und 3,9% Fleischsaft wird leicht im Dickdarm resorbiert. Das Infusum carnis (LIEBIG) enthält nur 4,44% Albuminate (cf. S. 160). Neben dem Albuminaten nach den bekannten Ernährungsgesetzen auch Fett oder wohl besser gelöst (Zucker z. B.) dem ernährenden Klystier zugemischt werden, wenn eine reichliche Ernährung postuliert wird.

### 3.

#### Die Lymphe und der Chylus.

Es ist das Chylusgefäßsystem mit seinen Anfängen die wichtigste Quelle für die Erneuerung des Blutes. In Beziehung



grosserer Quantitäten von Fett ist keine andere Aufnahmsquelle mit vergleichen. Man darf bei der Wichtigkeit der Chyluszufuhr für das nicht übersehen, dass die Ernährung des Blutes aus dem Darne nur im Fall der Ernährung und Erneuerung des Blutes aus allen Körpertheilen. Wo das Blut die Organe durchströmt, trifft es auf Gewebsflüssigkeiten die wichtigsten Blutbestandtheile: Eiweissstoffe, Salze, Zucker etc. enthalten. Es muss wie im Darne so auch dort ein Diffusionsverkehr zwischen Organflüssigkeiten und dem Blute eintreten, der je nach dem Gehalte an den betreffenden Stoffen zu einer Mehrung oder Minderung derselben führen muss. Dazu kommt noch, dass in allen Organen sich eben solche wie die Chylusgefässe im Darne finden, in welche die Gewebe mit all ihren Stoffen sich ergiessen: die Lymphgefässe, welche den Geweben empfangenen Stoffe gemischt mit den vom Darm stammenden gemeinschaftlich dem Venensystem zuführen. Besonders bei Betrachtung des Zustandes wird diese Gleichheit der Funktionen der Darm- und sonstigen Lymphgefässe ersichtlich. Die Organe dienen dann als Reservoir's, das Blut die verbrauchten Stoffe sich ersetzt. Die festen Organbestandtheile dabei nach und nach verzehrt, sie werden verflüssigt und in die Saftmasse zur Betheiligung an den Aktionen derselben übergeführt. Dazu verflüssigende, verdauende Einwirkungen in den festen Geweben ebenso stattfinden wie an den festen in den Darmkanal zur Verdauung aufzunehmenden Stoffen. Es ist nicht undenkbar, dass das Pepsin, das bei der Resorption die Saftmasse aufgenommen wird, in Organen mit leicht sauer werdender Saftmasse auflösenden Wirkungen entfaltet, wie im Darne. Sicher setzt sich die Wiederlösung der in den Organen fest gewordenen Eiweissstoffe der Fermentwirkung wie die des Pepsins oder des Eiweiss verdauenden Fermentes voraus. Die Entdeckung des Pepsins im Muskelsaft ist von Wichtigkeit. Die Lymphbildung in den Organen ist selbstständig eine immerwährend forgehende Funktion; beständig wird mit dem Blut auch Lymphe dem Blut zugeführt. Innere und äussere Ernährung wir als letztere die vom Darm aus bezeichnen wollen — findet gleichzeitig statt, nur überwiegt die Darmaufnahme zu gewissen Zeiten, zu anderen die Aufnahme aus den Organen die bedeutendere ist. Blut und Lymphe sind also dem Wesen nach gleichbedeutende Begriffe. Blut ist die Darmlymphe.

### Bau der Chylus- und Lymphgefässe.

Blut- und Lymphgefässe bilden zusammen ein vielverzweigtes Röhrensystem welches in seinem Baue mit dem Venensysteme im Wesentlichen übereinstimmt. Im Allgemeinen ist der Verlauf der Lymph- und Chylusgefässe aus demselben bekannt. Bemerkenswerth ist ihr Reichthum an Klappen, welche die Rückflüsse verhindern. Die grösseren Lymph- oder Chylusgefässe besitzen die Blutgefässe drei Häute. Die Intima besteht aus einer Epithellage aus abgerundeten Zellen aufliegend auf elastischen Fasernetzen. Die Media setzt sich aus querverlaufenden glatten Muskelfasern mit ebenfalls querlaufenden ela-

stischen Fasern zusammen. In der Adventitia laufen die Bindegewebe, denen sie besteht, der Länge nach, unter ihnen zeigen sich auch Lymphgefässen längslaufende organische Muskelfasern, welche sie von Venen unterscheiden lassen und die ihre (beim Meerschweinchen) Kontraktilität erklären. Bei dem Ductus thoracicus scheidet das Epithel der Intima und die elastischen Fasernetze noch eine Lage ein. Die Media beginnt mit einer zarten längslaufenden Bindegewebe (KOLLIKER).

Ueber den Ursprung der Lymphgefässe sind die Untersuchungen nicht geschlossen. Man ist vielfältig der Meinung, dass sie mit den Lymphkörperchen-Netzen in Zusammenhang stehen, dass diese gleiches Lymphkapillaren anzusehen sind, in dessen Knoten die Protoplasten der Bindegewebe (Zellen) liegen — VINCOW etc. — Es finden sich Stellen, an denen man keine Schichtung der Wand mehr beobachten kann. Bei Batrachierlarven, an deren Schwänzen KOLLIKER diese Lymphkapillaren sah, schienen sie sich ihm aus sternförmigen Zellen — Bindegewebe — zusammenzusetzen. Die Lymphkapillaren sind etwas weiter als die Blutkapillaren. Andere Beobachter nehmen an, dass die Anfänge der Lymphgefässe in den Blutgefässen liegen, die sich erst im weiteren Verlaufe in die eigentlichen Lymphkapillaren und Lymphgefässe ergössen. In den Drüsen scheinen die Lymphgefässe spaltenförmige Räume zwischen den Blutgefässen und Bindegewebelementen. Im Rückenmark sollen nach HIS solche Lymphgefässe Blutgefässe umgeben: perivaskuläre Räume. Auch die serösen Höhlen man neuerdings als kolossale lymphatische Spalträume an.

F. v. RECKLINGHAUSEN zeigte an einigen Lymphgefässen ähnliche Aktivität zur Einsaugung von Flüssigkeiten, wie wir sie in den Darmzotten haben. Er fand, dass die Lymphgefässe des Centrum tendineum des Zwerchfells Bauchhöhle Flüssigkeiten, welche kleine Körperchen suspendirt enthalten, aktiv resorbiren. Diese Resorption lässt sich direkt unter dem Mikroskop (nach starker Vergrösserung) beobachten. Bringt man mit Zuckerwasser verdünnte, sorgfältig ausgeschnittene Stücke der peritonealen Fläche des sehnigen Zwerchfells so sieht man über den oberflächlichen Lymphgefässen Strudel entstehen, welche kleine Kugeln in das Lumen derselben einführen; auch rothe Blutkörperchen können, ohne ihre Gestalt zu ändern. Die Oeffnungen, in welche die Körperchen gelangen, sind etwa 3mal so gross wie ein rothes Blutkörperchen, meist von ovaler Gestalt, gelegen, wo mehrere Epithelzellen des Bauchfells zusammenstossen. Statt der serösen Flüssigkeit der Bauchhöhle, welche Lymphkörperchen enthalten, saugen diese Saugorgane beständig während des Lebens eingesaugt, also auch die seröse Flüssigkeit beständig wieder in die Bauchhöhle ergossen zu werden.

Die Flüssigkeiten, welche in die Wurzeln der Lymph- und Chylusgefässe fließen, sind in ihrer chemischen Zusammensetzung bedingt von der Mischung des ungenutzten Chymus und der spezifischen Gewebe, aus denen sie stammen. Je nach der Nahrung, je nachdem die Aufsaugung durch die Blutgefässe eine grössere oder kleinere Rolle spielt etc., wird der Chylus sehr wechselnde Zusammensetzung zeigen. Die Chylusgefässe sind mit einer durchsichtigen, nur sehr schwach opalescenten Flüssigkeit gefüllt; wenn reichlich Fett in der Nahrung enthalten war, zeigt diese jenes oben beschriebene milchähnliche Aussehen. Wir wissen, wie verschiedenartig die verschiedenen Gewebe und Organe der Stoffumsatz sich gestalten. Es ergibt sich bei näherer Überlegung, dass die Lymphe aus jedem Organe eine andere Stoffmenge



aus, so verschieden die Parenchymflüssigkeiten sind, so verschieden wird die Zusammensetzung der Lymphe sein, die aus den betreffenden Organen herkommt. Die Beziehung auf diese Fragen noch Alles zu leisten. Nirgends noch kennen wir die Zusammensetzung der zur Lymphe oder zu Chylus werdenden Flüssigkeiten, wo wir untersuchen können, sind die Flüssigkeiten dadurch, dass sie schon in den Drüsen passiert haben, in ihrer Zusammensetzung specifisch verändert. Wir betrachten die Lymphe und den Chylus nur in schon verändertem, dem Blute verähnlichtem Zustande, wie ihn die Lymphdrüsen hergestellt haben.

### Bau der Lymphdrüsen.

Die Lymphdrüsen sind vor allem die Follikel zu rechnen. Die Lymphgefässe führen den rohen Saft ihnen zu, die Follikel selbst mischen aus ihrem Inhalte geformte Elemente: Lymphkörperchen bei, unter Wirkung der Chemismus der Lymphe und des Chylus seinen specifischen Gehalt. Die grösseren Lymphdrüsen zeigen in ihrem anatomischen Bau eine zu verkennende Analogie mit diesen einfachsten Drüsenformen. Man kann zu einem gewissen Grade mit Recht sagen, dass die complicirteren Drüsen kombinierte Follikel seien.

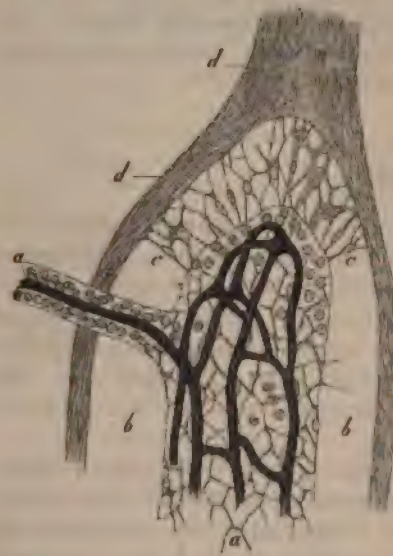
Lymphdrüsen des Menschen besitzen einen bindegewebigen Kern: Hilus (Hilus), der eine Anzahl grössere Blutgefässverzweigungen und wahrer Nerven in sich einschliesst. An jeder Drüse finden sich zuführende und abführende Lymphgefässe. Auf dem Drüsenschnitt zeigt sich eine Scheidung zwischen Mark- und Rindensubstanz, erstere ist beim Menschen sehr gering. Der Bau ist nach den neuesten Untersuchungen von FREY, HILS, KOLLIKER etc.

Jede Drüse hat eine Hülle, welche ein reiches Balkennetz in das Innere abzugeben lässt, wodurch diese in eine grosse Anzahl von unter einander getrennten Hohlräumen getrennt wird, die in der Rinde mehr rundliche Alveolen und als Alveolen bezeichnet werden und eine ziemlich scharfe Abgrenzung; im Innern der Drüse sind die von den Balkennetzen gebildeten Räume mehr länglich, strangförmig, vielfach unter einander verbunden. Die Drüse ist mit ihren Balkennetzen bei dem Menschen vorzüglich aus Bindegewebe, aber eine nicht unbedeutende Zahl glatter Muskelfasern beigemischt. Bei Säugethieren (Ochsen) finden wir sie fast ganz aus Muskelfasern bestehend. Innerhalb dieser Alveolen und schlauchförmigen Hohlräume liegt nun das Drüsengewebe. Diese Drüsensubstanz besteht vor allem aus einer grossen Anzahl uns schon bekannten rundlichen Zellen, die auch den Follikelinhalt bilden, welche ganz die Form und das Aussehen der Lymphkörperchen annehmen. In der Mitte jeder Alveole findet sich ein festerer Kern der Drüsen-

Drüse. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er Blutgefässe in sich enthält, nach ihm ist der Zusammenhang der Zellen lockerer, es finden sich keine Blutgefässe. Sie liegen nicht ganz frei in den Alveolen, sondern sind in ein Netz aus Bindegewebskörperchen bestehender, von den Balken abgehender eingebettet. Im Innern des Alveoleninhaltes wird dieses Netz dichter und schliesst sich an die Oberfläche der Blutgefässe (Fig. 90). Dieser festere, mittlere Kern in jeder Alveole, welcher nach der Gestalt der Balkenhohlräume in der Marksubstanz mehr kugelig, in der Rindensubstanz mehr strangförmig ist;

bekommt im ersteren Fall den Namen: Rindenknotten, im zweistrang. Die weniger festen, blutgefässlosen Umhüllungsschichten

Fig. 90.



Aus der Marksubstanz einer von der Arterie mit Chromatini eingespritzten Mesenterialdrüse des Ochsen. Ausgepinzelt und 300mal vergr. a. Ein Markstrang, in dem das Capillarnetz, das feine Reticulum und noch einzelne Lymphkörperchen sichtbar sind) bb. denselben umgebender Lymphgang, in dem das überall vorhandene aus kernhaltigen Zellen bestehende Reticulum nur bei cc. gezeichnet ist. Die Lymphkörperchen des Lymphganges sind ausgepinzelt. dd. Fast ganz aus glatten Muskeln bestehende Balken, a. ein kleiner Markstrang mit nur einem Blutgefässe und mit Lymphzellen gefüllt.

den in je einen Lymphraum ein. Auf der entgegengesetzten Seite die abführenden Lymphgefässe wieder aus den Lymphräumen. Es ist die Bahn des Lymphstromes vom Vas afferens aus durch die Lymphräume und des Markes zum Vas efferens. Auf diesem Wege, den sie sicher langsam zurückzulegen vermag, indem sie hindurchsickert, nimmt einen Theil der lose im Bindegewebsnetz eingebetteten Zellen mit aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Drüsenkern immer von neuem. Nach Brücke u. A. finden sich in der Lymphe, nachdem sie einmal hat, mehr Lymphkörperchen als vorher. Auch bedeutende chemische Veränderungen müssen in den Lymphdrüsen vor sich gehen, da sich der in den Lymphgefässen befindliche Saft wesentlich vor allem schon durch die Mischung von Zellen von den Chymus und den Gewebsflüssigkeiten davon unterscheidet.

traldrüsengebilde werden Lymphsinusräume, Lymphsinusräume bezeichnet. dürfen wir sie uns nicht Hohlräume vorstellen. M. der Gefässe zeigen sie sich von lockerem Gefüge, doch baut wie die Rindenknottenstränge. Da die Alveolen einander in offener Verbindung befinden sich auch die Markstränge einander in Verbindung, so dass das Ganze isolirt eine viel zusammen verbundene Figur darstellen kann. Gewebsfasern verdichten sich in der Drüsensubstanz etwas, so dass sie sich von den ringsumher liegenden Lymphräumen doch mehr abschliessen, ohne dass eine Membran vorhanden wäre. Die Lymphräume stehen ebenso wie die Markstränge durch die Drüsensubstanz hindurch in ununterbrochener Verbindung, und stellen somit ein Kanalsystem dar zwischen den Marksträngen und der eigentlichen Drüsen

Das Verhalten der Lymphdrüsen ist nicht anders. Die zuführenden Gefässe treten an der Hülle heran, durchsetzen die



## Zusammensetzung des Chylus und der Lymphe.

Lymphe lässt eine farblose Flüssigkeit und beigemischte, farblose, Zellen unterscheiden, welche mit denen im Inhalte der Lymphdrüsen sind und ebenso mit den später zu besprechenden weissen Blutkörperchen (91). Ueberdiess zeigt das Mikroskop feine Fettpartikelchen und Kerne.

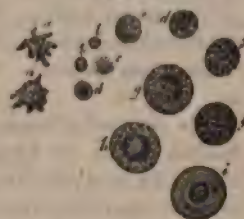
Flüssigkeit: Lymphplasma gerinnt wie das spontan und scheidet Faserstoff aus, ent-  
fibrinogene und fibrinoplastische Substanz (A. letztere in geringerer Menge als das Blut (S. 352).  
Blut beschleunigt die Fibrinausscheidung.  
ohne des Blutfarbstoffes finden sich in der  
überhaupt alle chemischen Bestandtheile des  
von vor und wie es scheint zum Theil in ganz

Mischung wie dort: verschiedene Eiweiss-  
stoffe, die als feinste Körnchen sichtbar werden  
Protagon, Zucker, die Blutsalze, Wasser, unter  
Küpfstoffen ist Harnstoff nachgewiesen wor-  
Chylus aus dem Ductus thoracicus ver-  
Thiere unterscheidet sich im Allgemeinen  
von der Lymphe hauptsächlich durch seinen  
Reichthum an suspendirtem Fett während der  
fettthaltiger Nahrung; er enthält auch Harn-  
unter dem Mikroskope zeigt er, wie schon

jene Masse molekuläres Fett hier und da nach Stehen untermischt mit  
Fetttröpfchen, das Fett giebt ihm seine Undurchsichtigkeit und weisse  
Bei Thieren (Hunden) wird er beim längeren Stehen an der Luft etwas  
farbt, was von rothen Blutkörperchen herrührt, die sich ihm fast immer  
finden, und die von Manchen bei Thieren für keinen anormalen  
teil gehalten werden. Sie werden, da sie leichter sind als die weissen  
an der Oberfläche des Chyluskuchens beim Stehen angehäuft.

Chylus lässt seine Abstammung aus den verdauten Nahrungsstoffen an  
Verschiedenheiten je nach der Nahrungsweise noch erkennen. Nach  
Nahrung ist der Chylus durchsichtig wie Lymphe, wie diese durch die  
hellen Zellen nur leicht opalescirend, ebenso im nüchternen Zustand;  
breibt diesen Chylus dann als Darmlymphe. Die Fette des Chylus zeigen  
dem aufgenommenen Fett Verschiedenheiten, sie sind flüssig oder leicht  
fest, je nachdem flüssiges oder festes Fett aufgenommen wurde. Jedes der  
Fetttröpfchen ist mit einer Eiweisschülle umgeben. Auch seifenartige Ver-  
bindungen aus der Fettzersetzung im Darm durch das Pankreassekret stammend  
nachgewiesen werden. Ebenso zeigt ein Theil der Albuminstoffe des Chylus  
die Eigenschaften der Peptone, ein anderer grösserer Theil zeigt sich  
Serumeiweiss, ganz wie dieses im Blut sich findet, ein anderer  
Theil, der sich durch Essigsäure fallen, ist also Kalialbuminat (Casein), ein  
dritter, der sich durch Kohlensäure: Globulin. Der Gehalt an Fi-  
brin schon erwähnt.

Fig. 91.



Elemente des Chylus. a. Durch  
theilweise Zusammenziehungen  
sternförmig gewordene Lymph-  
körperchen, b. freie Kerne, c. ein  
solcher von einigen Körnchen um-  
geben, d. e. kleine Lymphzellen,  
die einem mit deutlichem Kerne,  
f. g. grössere Zellen, eine mit  
sichtbarem Kerne, h. eine solche  
nach Zusatz von wenig Wasser,  
i. Essigsäure.

Zucker — Traubenzucker — ist im Chylus nicht immer vorhanden, findet sich besonders nach zucker- oder stärkereicher Kost, wodurch sich in den Chylus aus dem Darme bewiesen wird. Der Zuckergehalt beträgt 1—2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> betragen. Nach Stärkefütterung fand LEHMANN milchsäurere Salze.

Das Vorkommen von Harnstoff in dem Chylus, das WURTZ entdeckt, ist interessant, da daraus hervorgeht, dass wenigstens ein Theil des Harnstoffes, der Nahrung stammend den Organismus verlässt, schon im Darm und seinen Glandulen, gebildet wird. Im Chylus von Rindern fanden sich etwa 0,2 pr. (0,492 und 0,489). Daraus, dass in der Halslymphe 0,243 Harnstoff gefunden wurde, nicht gefolgert werden, dass er in der Lymphe in grosserer Menge vorhanden ist, die Versuchsschwierigkeiten bei einer quantitativen Harnstoffbestimmung in Flüssigkeiten bedenkt. Bei einem Widder fanden sich im Blute 0,25 pr. Chylus: 0,38.

Die chemische Zusammensetzung der Lymphdrüsen ist so gut wie unbekannt. BESANEZ gibt in den Lymphdrüsen von Thieren und Menschen Leucin (Fettdele) und xanthinähnliche Körper als Bestandtheile an. ODYMAN fand in der Milchdrüse einer alten Frau:

Wasser . . .	71,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
feste Stoffe . .	28,5
davon Salze . .	1,2

Es geben diese Thatsachen keine Anhaltspunkte, um auf die Stoffe, die in den Lymphdrüsen Schlüsse zu gestatten, sodass die aufgetretene Annahme, dass die Leber die Hauptstätten der Harnstoffbildung seien, analog wie für die Milchsäure, wurde, dass in ihr die Harnsäure der Hauptmasse nach entstehe (H. RANKE), nicht mehr als eine, freilich eine Prüfung zulassende, Hypothese ist.

Als Beispiel der quantitativen Zusammensetzung mag die Analyse eines Hingerichteten nach OWEN REES dienen:

Wasser . . .	90,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
feste Stoffe . .	9,5
Faserstoff . .	Spur
Albumin . . .	7,4
Fette . . . .	0,9
Extraktivstoffe	1,0
Salze . . . .	0,4

Die Zusammensetzung der anorganischen Stoffe ist sehr bemerkenswerth, darin ein Gehalt an Eisen, welches wahrscheinlich von dem Hämatin beige Blutkörperchen stammt. Die Hauptmasse besteht aber aus Kochsalz, gegen andere Bestandtheile sehr zurücktreten.

Nach den Bestimmungen von C. SCHMIDT an Chylus von Pferden waren in 1000 Gramm Chylus:

Chlornatrium . . . . .	5,84
Natron . . . . .	1,17
Kali . . . . .	0,13
Schwefelsäure . . . . .	0,05
an Alkalien gebundene Phosphorsäure	0,05
phosphorsaurer Kalk . . . . .	0,20
phosphorsauere Magnesia . . . . .	0,05
Eisen . . . . .	Spur (0,004)

Die Trennung der Analyse in Serum und Chyluskuchen zeigt, dass in letzterem, der die Chyluskörperchen oder Zellen enthält, das Kali etwas über



li auch in dem Serum, in 1000 Serum 0,44, in 1000 Kuchen 0,70. Doch ist die überhaupt so gering, dass daraus ein wichtiger Unterschied zwischen dem Chylus at erwächst, den wir erst in der Folge werden würdigen können.

e Bestimmungen werden erst ihren Werth erhalten, wenn vergleichende Bestimm- r die in der Nahrung enthaltenen Salze und die im Chylus sich findenden vor- werden. Es kann jetzt immer noch scheinen, als wäre der Hauptgrund der eben Salzvertheilung in dem Chylus nur in der Salzzufuhr zu suchen. Ein ver- Blick auf die Zusammensetzung der Lymphasche, welche weniger diesem unterliegt, zeigt aber doch, dass wir es hier wahrscheinlich auch mit einer Mischung Gründen zu thun haben, da sonst die sich zeigende unverkennbare Uebereinstim- r nicht erklärlich wäre. C. Schmidt fand in der Asche der Lymphe aus dem Lymphstamme eines jungen Pferdes

1000 Lymphe enthielten:

Chlornatrium . . . . .	5,67
Natron . . . . .	4,27
Kali . . . . .	0,46
Schwefelsäure . . . . .	0,09
an Alkalien gebundene Phosphorsäure	0,02
phosphorsäure Erden . . . . .	0,26

Kuchen, der die Lymphkörperchen einschliesst, überwiegen relativ die Kalisalze ronsalze bedeutender als das bei dem Chylus der Fall war, umgekehrt ist es im m. In 1000 Serum sind 0,44 Kali, in 1000 Kuchen 4,07 Kali. Ebenso ist es mit rorsäure.

und in der Pferdelymphe kohlensaueres Alkali. 0,06%. DÄNNHARDT auch in der m Menschen.

e Bemerkungen. — Ueber die Verschiedenheiten der Zusammensetzungen der bei verschiedenen physiologischen Zuständen ist noch fast Nichts erforscht rsuchungen von C. Schmidt lassen aber die Lymphe in so vollkommener Weise in Abhängigkeit von dem Blute erscheinen, dass es mehr als wahrscheinlich ist, uch bei ihr vor allem die verschiedenen Ernährungszustände von grosser Bedeu- werden, die wir bei dem Blute die Zusammensetzung bestimmen sehen.

ire es falsch, die Lymphe als ein einfaches Transsudat aus dem Blute ansehen

Schon der hohe Zuckergehalt zeichnet die Lymphe vor dem Blute aus und lässt in eigentlichen Gewebssaft erscheinen. Der Zucker ist ein konstanter Lymph- d und findet sich nicht nur in der Lymphe der Leber z. B., sondern auch in der s zum Beweise, dass ihr auch andere Gewebe (Muskeln) beständig Zucker bei- nach POISEVILLE und LEFRONT war während der Verdauung an Zucker pr. mille im arteriellen Blute: im Inhalte der Duct. thor. in der Halslymphe

Hunde Spuren	4,09	4,66
Pferde 0,69	2,20	4,42

em Hungern soll die Lymphe wasserärmer (KRAUSE) sein als nach Nahrungsauf- ch GRELIN auch albuminreicher. Nach dem Durchgang durch die Lymphdrüsen s die Lymphe ebenfalls procentisch etwas reicher an Albumin.

ge der Lymphe. — Nach BIDDER beträgt die tägliche Chylusmenge etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{4}$  des ichts. LUDWIG und KRAUSE berechnen für die Lymphmenge die enorme Grösse von Körpergewichts. Es beweisen diese Zahlen, wenn nicht mehr, doch so viel, dass r gewaltiger Saftestrom ist, welcher den Organismus von Zelle zu Zelle durch- den Stoffverkehr besorgt.

fässfisteln. — Aus zufällig entstandenen Lymphgefässfisteln und Lymphgefäss- t man Lymphe vom Menschen in grosser Quantität zur Untersuchung gewonnen. te geben, da sie sich nicht auf bekannte physiologische Zustände beziehen, nur res Bild der Stoffmischung, die sich hier finden kann. Beispielsweise stehen hier

Analysen von Lymphe einer gesunden 39-jährigen Frau aus einer Lymphfisteln des Oberschenkel gewonnen, es flossen im Tage bis gegen 3000 Gramm ab, von QUÉVENNE:

	I.	II.
Wasser. . . . .	939,87	934,77
festen Stoffe . . . . .	60,43	65,23
Faserstoff . . . . .	0,56	0,63
Albumin . . . . .	42,75	42,80
Fett . . . . .	3,82	9,20
Extraktivstoffe . . . . .	5,70	4,40
Salze . . . . .	7,30	8,20

Bei derartigen Fisteln wird es unschwer möglich sein, den Einfluss von Ernährung und anderer physiologischer Bedingungen experimentell zu untersuchen. Die stehenden Untersuchungen zeigen, dass der Fettgehalt der Lymphe nicht die Schwankungen bei demselben Individuum erkennen lässt; es wird das wahrlich von der verschiedenen Ernährungsweise sich erklären lassen.

Die Chemie der Lymphe ist ein Kapitel, welches dem Untersucher noch viel zu thun der Thätigkeit darbieten würde.

Die Gase der Lymphe sind noch wenig bekannt. DANHARDT fand durch Köhlenbare Kohlensäure in der Menschenlymphe, die in der Lymphe an Natronphosphaten war.

Ein direkter Nervenfluss auf die Lymphabsonderung wie etwa bei den Krämpfen noch nicht nachweisen lassen. Muskelkrämpfe beschleunigen den Ausfluss aus den Lymphfisteln zunächst durch die mechanische Pressung auf die gefüllten Gefäße.

Man bezeichnet vor allem die Bewegung der Lymphe und der übrigen Flüssigkeiten soweit sie nicht in den Bahnen der Blutgefäße, sondern durch die Zellen erfolgt, als intermediären Saftkreislauf. Aus den kapillaren Blutgefäßen tritt die ernährende Flüssigkeiten aus, welche nach Durchtränkung der Gewebe als Interzellularflüssigkeit in den Blutstrom übergeführt werden. Die grosse Menge der Lymphe (etwa 1 Liter pro Tag), zu welcher noch die Darmlymphe (Chylus) mit den von aussen zu strömenden Blutes, in der Ernährungsweise, in der der cirkulirende Eiweiss eine so hohe Rolle spielt; man versteht darunter diesen Saftstrom in den Geweben.

**Zur historischen Entwicklung der Lehre von der Lymphe und Lymphaufnahme.** 1622 wurden die Lymphgefäße von CASPAR ASELLI entdeckt. Man nannte sie Lymphgefäße, Saugadern, da man ihnen die Aufsaugung, welche man vorher den Blutgefäßen allein zugetheilt hatte, allein zuschreiben zu müssen glaubte. Beobachtungen über die Lymphe wurden schon von SOMMERING u. A. gemacht. 1771 entdeckte den Faserstoff der Lymphe. Aus dem Jahre 1799 stammen die ersten Untersuchungen von RETZ und EMBERT. Sie erkannten die Lymphe als eine sonst gleichartigen Flüssigkeit aufgeschlemmt sein, sie bestimmten den Fettgehalt der Lymphe zu weniger als  $\frac{1}{100}$ , die Hauptmasse des trockenen Rückstands war Eiweiss, Wasser ziehe Kochsalz daraus aus. Im Jahre 1825 untersuchte LEBLANC die Lymphe aus den Lymphgefässen am Halse von Pferden. Er bestimmte unter den festen Bestandtheilen Chlorkalium und phosphorsäueren Kalk. Eingehendere, vor allem qualitativ, Untersuchung fand die Lymphe von TIEDEMANN und GIBBELS. Im Jahre 1831 wurde in Halle eine Lymphfistel beobachtet, letztere wurde von MARCUS zu genaueren Analysen benützt, wodurch zu den schon bekannten Stoffen



saures und milchsaures Alkali, schwefelsaure Kalkerde und Eisenoxyd hinzugefügt

Aus dem Jahre 1832 sind die Untersuchungen von J. MÜLLER über die Chylus- und Körperchen, an welche sich vor allem die von C. H. SCHULTZ 1836, die von BISCHOFF schliessen. Auch die Untersuchungen von R. WAGNER und H. NASSE sind zu nennen. GAY und GMELIN haben, wie es scheint, die Fettkörnchen im Chylus und ihre Lösung der Farbe desselben zuerst erkannt.

Endose. — Eine sehr vollkommene Auseinandersetzung der physikalischen Verhältnisse der Absorption durch Lymphgefässe und Blutgefässe gab BERZELIUS (Thierchemie 1834). Das Phänomen der Endose wurde im Jahre 1816 von PORRET entdeckt, zunächst gemischt mit der Flüssigkeitsbewegung durch elektrische Ströme, die man jetzt das Porret'sche Phänomen nennt. DETROCHET hat das Phänomen weiter studirt, ihm die Bezeichnung Endose und Exose beigelegt und die Aufmerksamkeit auf seinen Einfluss bei den Prozessen der lebenden Organismen gelenkt. POISSON hat eine mathematische Erklärung gegeben, welche die älteren Ansichten von G. MAGNUS bestätigte, dass die Attraktion zwischen einem Körper und einer Salzlösung zusammengesetzt sei aus den gegenseitigen Attraktionen des Körpers und des Salzes und aus der Attraktion zwischen ihren eigenen kleinsten Theilchen.

Diese vereinigte Attraktion ist grösser als die der Wasserpartikeln unter sich, es folgt, dass das Wasser durch die Zwischenräume einer dazwischen gelegten porösen (Blase) um so leichter gehen muss, je weniger fremde Körper es in Auflösung erhält. Über die Blase zwei Lösungen in Wasser oder eine Auflösung in Wasser von reinem Wasser, in welchen beiden die Attraktion zwischen den beiden ungleich stark ist, die Flüssigkeiten ausserdem eine gegenseitige Attraktion zu einander haben, so folgt daraus, dass jene mit einer stärkeren Kraft in letztere eingezogen werden. Dadurch entstehen durch die Blase verschiedene Ströme, von denen der der weniger concentrirteren Flüssigkeit entsprechende schneller als der der concentrirteren entsprechende geht (BER-

### Bewegung der Lymphe in den Lymphgefässen.

Die Lymphe geht nur langsam und unter einem weit geringeren Druck als in den Arterien vor sich (NOLL); zweifellos sind es die Widerstände in den Lymphgefässen, welche die Strömungsgeschwindigkeit so sehr beeinträchtigen. Die Kräfte, welche die Lymphbewegung erzeugen, sind grossentheils dieselben, welche wir bei der Bewegung des Blutes wiederfinden werden. Vor allem ist zu beachten, dass die durch die Athmungsorgane und ihre Thätigkeit entstehende Aspiration, welche auf die Lymphbewegung von Einfluss sein muss, da ja die Mündungsstelle der Lymphstämme in das Venensystem und der grösste Theil der Lymphgefässe in dem Brusttraume sich befinden. Die reichliche Anwesenheit der Klappen macht jeden äussern Druck, ausgeübt auf die Lymphgefässe, zu einer Bewegungsursache für ihren Inhalt, da ein Rückfliessen der einmal vorgepressten Lymphe durch die sich entgegengesetzenden Klappen verhindert, derselbe Grund hindert von vornherein ein Rückwärtspressen, mag der Druck ausfinden wie und wo er will. So reichen schon die Zusammenziehungen der umlagernden Körpermuskeln hin, um die Lymphe und das Venenblut vorwärts der Einmündungsstelle in die Blutbahn zu pressen, man hat das experimentell erhärtet. Auch der Saugmechanismus der Chylusgefässe in den Zotten wird dadurch, dass er aus den Zotten den Inhalt in die weiteren Gefässe einpresst und den vorher dort be-

findlichen also fortschieben muss, eine Gesamtbewegungsursache, liches Centralbewegungsorgan für die Lymph, wie es das Blut im H fehlt beim Menschen und den meisten Thieren.

LUDWIG hat mit GENERISCH nachgewiesen, dass die Sehnen und Fascien keln sich an der Aufnahme der Lymph aus dem Muskelgewebe sehr wesentl oben wurde auf die Entdeckung v. RECKLINGHAUSEN's hingewiesen, dass tendineum des Zwerchfells offene Mündungen: Stomata sich finden, welche den Körperchen aktiv einsaugen. Analoge, nur sehr viel engere Oeffnungen, in den übrigen Fascien zu liegen, es gelingt jedoch nicht Körnchen zum Eintritt Lymphgefässe dieser Organe zu veranlassen. Durch rhythmisches Anspannen der Aponeurosen saugen sie sich mit Flüssigkeiten an. Da bei der Muskelakt Wechsel zwischen Anspannen und Erschlaffen der Aponeurosen eintritt, diese Organe wie Saugpumpen auf die Muskelgewebsflüssigkeit (Lymph), die passiven Bewegungen der Muskeln sehr viel reichlicher als in der Ruhe in eingepumpt wird. Unter grössere Fascien z. B. F. lata eingespritzte Lösungen dauernde passive Bewegungen bis in den Ductus thoracicus gepumpt. Die rh der Peripherie gegen die Stämme fortschreitende Kontraktion der kleinen die HELLER bei Meerschweinchen fand, wirkt in demselben Sinne. BÄRCKE hat drüsen Zusammenziehungen beobachtet.

**Aeratische Bemerkungen.** — Die Menge der in dem Gewebe in einem geg befindlichen Flüssigkeit (Lymph) nimmt zu mit der gesteigerten Blutzufuhr, terung der zuführenden Blutgefässe, mit der Behinderung des Rückflusses in Lymphgefässen. Dadurch regulirt sich die Höhe der Spannung im Gewe spannung, Turgor. Die Lymphgefässe müssen nach dem Gesagten als H des Gewebsturgors aufgefasst werden. Sind diese Regulatoren in ihrem Die so entsteht Oedem, der Zustand krankhaft gesteigerter Gewebsspannung.

**Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie.** — Ueber die Bildu gefässe fehlt zur Zeit noch fast alles Material. Im Froschlärvenschwanz se Lymphkanäle durch Zellenverschmelzung entstehen (KÖLLIKER). Mehrfach l logische Neubildung von Lymphgefässen beobachtet. Aus dem frühen Auftret Blutkörperchen im Blute des Embryo will man auf eine frühzeitige Entwickel elemente schliessen. Nach REMAK gehen die ersten Lymphzellen aus den A Gefässanlagen hervor, ganz analog wie die ersten Blutkörperchen aus den Gefässe. Auch die Entstehung der Lymphdrüsen ist noch zu wenig erforscht auf die vorliegenden Angaben eingegangen werden könnte. Nach ENGEL geha sentreibenden und vielfach sich windenden Lymphgefässen hervor. Die L scheinen erst um die Mitte der Fetalzeit (KÖLLIKER).

Die Entwicklung der Lymphgefässe und ihrer Drüsen scheint überhaupt terer Ausbildung des Körpers verknüpft zu sein; entsprechend ihrem später Embryonalleben fehlt sie bei Amphioxus. Peripherisch bilden die Lymph reichliche Anastomosen eine Art von Kapillarsystem, daraus gehen aller Räume, entweder Kanäle oder unregelmässig abgegrenzte Sinuse, hervor, erst bei den höheren Abtheilungen Gefässe treten, die im Bau mit den Venen (GEGENBAUER). In der Nähe der Einmündung in Venen zeigen bei manch Lymphgefässe beträchtliche Erweiterungen, deren Wand, durch einen M gezeichnet, rhythmische Kontraktionen ausführt: Lymphherzen. In einzeln den Kontraktionen am Caudalsinus von Fischen beobachtet. Bei den Reptilien, dem Casuar und einigen Schwimmvögeln finden sich 2 oder 3 hintere Lym Fröschen sind sie sowohl an den hinteren als vorderen Mündungsstellen vorderen lagern auf den Querfortsätzen des dritten Wirbels, die hinteren an beinen. Der Herzraum ist bei Vögeln mit Muskelbalken und Hindegewe



121. Die Fasern sind quergestreift. An allen wahren Lymphherzen besteht ein Apparat. Nach Einigen sollen die nervösen Centralorgane der Bewegung der Lymph- in Rückenmark, nach Anderen in der Herzsubstanz selbst liegen.

### Anhang.

Nahrungsbedürfniss. — Die Nahrungsaufnahme, an welche die Fortdauer des Lebens geknüpft ist, wurde nach den Gesetzen der Natur nicht der absoluten Willkür des Individuums überlassen. Die Natur verwendet zur Sicherung der Erfüllung ihrer Hauptzwecke in der organischen Welt: der Erhaltung des Geschlechtes und der Erhaltung des Einzelwesens verschiedene Triebe, welche instinktmässig zu den Handlungen, die dem Naturzwecke dienlich sind, antreiben und ihre regelrechte Ausübung lehren.

Eine Reihe eigenthümlicher Gefühle, die wir als Hunger und Durst kennen, veranlasst das Thier, Nahrung zu sich zu nehmen.

Die eigentliche Hungerempfindung ist anfänglich auf den Magen beschränkt und scheint vom Nervus vagus angeregt zu werden. Es sind drückende, nagende Gefühle, mit Bewegungsmühsamkeiten, Uebelkeit, Gasanhäufung, später mit Schmerzen verbunden.

Die Ursache des Hungers liegt zweifellos in gewissen Veränderungen der sensiblen Magen- und zwar durch die mangelnde Blutzufuhr zum leeren Magen bedingt. Es ist, dass, sobald die Blutmenge, welche durch die Kapillaren der Magenwand strömt, eine bestimmte Grösse in der Zeiteinheit herabsinkt, die dadurch gesetzte Störung der Nahrung zum Bewusstsein kommt. Es geht daraus hervor, dass jede stärkere Anfüllung mit Blut, welche die Magengefässe ausdehnt, das Hungergefühl unterdrückt, bei einer Kongestion ebenso wie durch Anfüllung des Magens mit Speisen, welche die Nerven reizt und stärkeren Blutzufluss erzeugt. Alles, was die Blutmenge des Körpers vermindert, erzeugt normal auch Hunger: Muskelanstrengungen, Stoffverluste (Milch-, Eiterverlust), Wachsthum, Ansatz nach Krankheiten.

Man kann durch gewisse Eingriffe in die chemischen Vorgänge der Nerven das Hungergefühl stillen. Vor allem sehen wir mit diesem Erfolge die Einführung gewisser Genuss- oder Arzneimittel verbunden: Tabak (Nikotin), Opium, Alkohol, welche wirken einzelne dieser Stoffe zugleich darum hungerstillend, weil sie den Blutfluss zum Magen steigern, letzteres ist wenigstens vom Alkohol, dessen Missbrauch zu einer Kongestion der Magenschleimhaut führt, mehr als wahrscheinlich.

Die Betheiligung des Nervus vagus am Hungergefühle ist durch Vivisectionen noch nicht sicher nachzuweisen gewesen. Hunde und Katzen fressen auch nach der Durchschneidung des Nervus am Halse noch. Man schliesst auf ihn als Hungernerven, weil er andere Empfindungen des Magens vermittelt. Bei hohem Grade von Hunger scheinen sich endlich auch andere Nerven des Dünn- und Dickdarmes mit an dem Hungergefühl zu betheiligen. Allein letzteres allein, wenn durch Behinderung des Magenabflusses der Magen ge- füllt, aber Nichts in den Därm gelangen kann, wobei dann doch das Bedürfniss nach Nahrung eintritt. Letzteres kann gestillt werden, wenn in den Dünn- und Dickdarm Nahrung eingeführt wird (TIEDEMANN, BUSCH).

Ein Theil des Hungergefühls ist ein psychischer Vorgang. Es deprimirt den Geist, zur Nahrung keine Zeit, keine Nahrung aufzunehmen. Dass wir es bei dem gewöhnlichen Hunger in vielen Fällen nur mit der unbefriedigten Gewohnheit der Nahrungszufuhr zu thun haben, ergiebt die Thatsache, dass der Hunger rasch wieder verschwindet, wenn zu einer bestimmten Zeit keine Speisen genossen wurden. Alle intensive geistige Beschäftigung unterdrückt wie andere Empfindungen auch den Hunger. Das Gefühl der Hinfälligkeit bei längerem Hunger ist zunächst weit entfernt, wahre Kraftlosigkeit zu sein.

Nach meinen Beobachtungen über den Hunger an mir selbst war das Befinden nach dem ersten Hungertage noch vollkommen ungestört. Nach 44 bis 47 Stunden war nach ruhigem Schläfe etwas Schwere im Kopf, Magendruck und ziemliches Schwäche-

gefühl vorhanden. Das Nahrungsbedürfniss zeigte sich nicht mehr. Geruchsgetrunkenen kalten Wassers erregten Brechneigung. Erst einige Stunden nach der Nahrungszufuhr (Kaffee) stellte sich normaler Appetit ein. Das Hungergefühl war 30 Stunden Hunger am lebhaftesten. Das Verschwinden des Hungers ohne Nahrung zeigt, dass auch die sensiblen Magenerven schliesslich ermüden.

Bei längerem Hungern stellt sich endlich wirkliche, immer mehr zunehmende Abmagerung, Fieber, Irreden, die heftigsten Leidenschaften absonderlichster Niedergeschlagenheit. Der Magen zieht sich zusammen, die Absonderungen immer spärlicher: Eiter der Wunden, Milch, Speichel, Gift der Schlangen, Urkrete werden nicht mehr abgesondert.

Die Versuche über die Lebensdauer hungernder Thiere und Menschen, dass warmblütige Thiere am wenigsten ausdauern. Niedere Wirbelthiere ausserordentlich lang: ein *Proteus anguineus* lebte 5 Jahre lang in erneuertem Wasser. Auch Wassersalamander, Schildkröten kann man Jahre lang ohne Nahrung halten, Schlangen halbe Jahre (J. MÜLLER); ein afrikanischer Skorpion lebte 9 Monate.

Vögel leben 5—28 Tage, Hunde 25—36 Tage ohne Speise und Trank. Gesunde ertragen Hunger und Durst gewöhnlich nicht viel länger als eine Woche, sehr Kranke, besonders Irre, viel länger. Durch Wasseraufnahme kann länger ertragen werden. TIEDEMANN führt Fälle an, in welchen Hungernde, wenn sie genossen konnten, 50 und mehr Tage ausdauerten.

Monate oder Jahre langes Fasten ist Betrug. Manche Krankheitszustände setzen das Nahrungsbedürfniss ungemein herab; besonders thun das gewisse Rückenmarkverletzungen, an das Kaltblütigmachen von Säugethieren durch gewisse Rückenmarkverletzungen, wie BERNARD gelehrt hat, gedacht werden darf. Bei alten, sehr schwachen Individuen ist das Nahrungsbedürfniss oft ebenfalls ungemein gering, entspricht sehr verminderten Gewebsumsatz.

Sehr merkwürdig ist die Bemerkung MAGENDIE's, dass, wenn man Thiere Zeit mit einem zum vollkommenen Ersatz unzureichenden Nahrungsstoffe gefüttert, dem allein sie zuletzt unkommen müssten, sie durch Herstellung ihrer gewöhnlichen Ernährung endlich nicht mehr gerettet werden können. Das Thier frisst zwar mit Begehr, stirbt es etwa zur selben Zeit, bei der es bei dem theilweisen Hunger unter der Fütterung zu Grunde gegangen wäre.

Das Durstgefühl, welches uns zur Wasseraufnahme treibt, besteht aus dem Gefühl von Trockenheit, Raubheit und Brennen im Schlunde, dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel. Durchtränkung und Befeuchtung dieser Partien stillt den Durst, es ist hervorgeht, dass die Durstnerven in jenen Schleimhautabschnitten endigen (Vaguspharyngeus?, Trigeminus?).

Der letzte Grund der Erregung der Durstnerven beruht zweifellos in Wasserverlust. Sie kann durch allgemeinen Wasserverlust des Blutes durch Schweiss, verminderte Abgabe in den Lungen oder durch den Harn nach starker Salzzufuhr zu dem Harn die Harnabsonderung steigert, nach starken wässerigen Darmentleerungen eintreten, aber durch lokale Vertrocknung der dursterregenden Schleimhautabschnitte. So kann der Durst wie durch örtliche Befeuchtung des Rachens auch durch direkte Einnahme von Wasser in's Blut z. B. durch Einspritzen gestillt werden.

Es schien früher unerklärlich, warum im Hungerzustande das Nahrungsbedürfniss schwächer wird. Abgesehen von der lokalen Einwirkung auf die Mundschleimhaut ist hier aber an die Thatsache zu denken, dass durch Hunger die Gewebe reicher werden, wie C. VOIR an Katzen, ich an Froschen gezeigt haben.

Dem Nahrungsbegehren steht entgegen das Gefühl der Sättigung und das Gefühl des Abscheues vor Nahrungsaufnahme verbunden mit antiperistaltischen Bewegungen, die zur Entleerung des Magens führen können: Erbrechen.



! der Sättigung ist sowohl ein lokales als ein allgemeines. Das lokale besteht in dem Druckgefühl von dem gefüllten Magen auf die Bauchdecken und das hervorgebracht. In allgemeiner Beziehung äussert sich die Sättigung im Gefühl verbunden mit Heiterkeit und Bonhommie.

rsättigung ist davon als eine krankhafte Erscheinung wohl zu trennen: sie zeigt sich in vermehrtem, empfindlichen Magendrücken und Gefühl der Völle, allgemeiner Abmüdigkeit, Unlust zu Bewegungen und geistigen Beschäftigungen, Missmuth. an dieser Stelle wurden schon diese Erscheinungen erwähnt und auf die Anwesenheit von Stoffen im Blute zurückgeführt (Milchsäure, Kalisalze etc.), welche in geringen Mengen, in grösseren ermüdend wirken.

Gefühl der Sättigung hört das Verlangen nach Nahrungsaufnahme auf; bei Uebersättigung erregt die Erinnerung an Speisen durch Geruch etc. ein Ekelgefühl, das steigend werden kann.

Es ist, dass dieses Gefühl des Ekels, das deutlich vom Magen ausgeht, theilweise in einer Reizung der Magennerven durch übermässige Blutzufuhr beruht. Bei der Gabe von Tartarus stibiatus in brechenenerregender Dosis, auch wenn er subkutan injicirt wurde, tritt eine bedeutende Blutkongestion gegen die Magenschleimbaut ein, welche (bis zum Bluterguss in den Magen steigen kann. Für diese Annahme spricht, dass sich das Gefühl der Sättigung, Uebersättigung, Ekel eines aus dem andern in einen Uebergang entwickelt, sodass alle aus derselben Ursache in verschiedener Weise erklärt werden müssen.

In vielen Fällen beruht das Ekelgefühl, wenigstens die Brechneigung, sicher auf Reizen. Kitzeln der Rachenhöhle, Schleimanhäufung an dieser Stelle, gewisse Geschmäcke etc. wirken auf diesem Wege.

Man hat an, dass der Genuss einiger besonderer Speisen Hunger erregen könne. Dieser Vorgang bisher meist missverstanden. Da das Verschwinden des Hungers in vielen Umständen auf einer Art von Halbparalyse der Hungernerven beruht, so kann man in diesem Falle dadurch erregt werden, dass durch anfänglich geringe, normale Dosen die Erregbarkeit der Nerven wieder erhöht wird. Beispiele liefern meine u. A. Erfahrungen bei Hunger. Jedem ist bekannt, dass stets nach den ersten Bissen der Nahrung nicht abnimmt, sondern steigt. So ist die Appetitsreizung durch gewisse Gerüche und die Magenthätigkeit anregende Gerichte z. B. Austern zu verstehen.

## II. Das Blut.

### Zehntes Kapitel.

#### Das Blut und die Blutdrüsen.

##### Allgemeine Funktionen des Blutes.

Die Aufgaben, welche das Blut im Organismus zu erfüllen hat, sind von zweierlei Art. Es hat zuerst den Organen die Stoffe zu liefern, welche diese zu ihrer Thätigkeit bedürfen, also die innere Organernährung zu bewerkstelligen. Die Thätigkeit aller Organe beruht im Wesentlichen auf dem regelmäßigen Gang von organischen Oxydationsvorgängen. Das Blut führt, um das Leben zu erhalten, ihnen nicht nur das oxydirbare Material, sondern auch den erforderlichen Sauerstoff zu, der in gewissem Sinne auch als ein Nahrungsstoff betrachtet werden kann. Neben diesen Ernährungsfunktionen des Blutes, die sich im Allgemeinen als eine Stoffzufuhr zu den Organen darstellen, fällt dem Blute die zweite Hauptaufgabe zu, die in den Organen anbrauchbar gewordenen oder unverbraucht austretenden Stoffe aus dem Organismus aufzunehmen. Letztere werden theilweise anderen Organen als Nahrung zugeführt, soweit sie zur Theilnahme an den Organfunktionen nöthig sind. Ein nicht unbeträchtlicher Theil der Organzersetzungsstoffe bewirkt giftigen Wirkungen auf die Gewebe, in denen sie entstanden, die wir in der Physiologie der Zelle im Allgemeinen kennen gelernt haben, und die in der speciellen Physiologie des Muskel- und Nervengewebes noch im Einzelnen besprochen werden. Es gehören hierher vor allem die höchsten Oxydationsprodukte der Gewebsstoffe, wie sie den Organismus auf den Wegen der Ausscheidung durch die Lungen, Haut und Nieren theilweise auch durch den Darm verlassen. Oxydationsprodukte hat das Blut aus den Geweben in sich aufzunehmen, nachdem sie in einzelnen Fällen noch zur Erzeugung gewisser physiologischer Wirkungen gedient haben, den Ausscheidungsorganen zu übergeben.

Diesen wichtigen Aufgaben genügt das Blut vor allem als Flüssigkeit, die durch den Mechanismus des Herzens in beständiger Bewegung erhalten wird. Die vielverzweigten Röhrensysteme der Arterien und Venen lösen sich an den Verzweigungspunkten zu einem ungemein zarten Netze der feinsten Gefäße auf, durch welche für Flüssigkeiten leicht durchgängige Wandungen dem Stoffverkehr zwischen Gewebsflüssigkeit und Blut kein Hinderniss entgegenstellen. Durch dass das Blut sich beständig durch Neuaufnahme von Stoffen



ohl als aus den Geweben in seiner Konzentration und Zusammensetzung dadurch dass es gewisse Stoffreihen beständig wieder aus sich enthalt es fortwährend die Fähigkeit, den osmotischen Verkehr mit den Flüssigkeiten zu unterhalten. Es wird somit das kreisende Blut auch zur Ursache für den mächtigen intermediären Säftestrom von Zelle zu Zelle den Organismus in breitem Bette unablässig durchströmt. Die Bestandänderung des Blutes durch Stoffaufnahme und Abgabe macht während es eine endliche Ausgleichung der Zusammensetzung in den beiden, ander diffundirenden Flüssigkeiten unmöglich, sodass also niemals ein Ausgleich erfolgen kann. In dem hohen Eiweissgehalt des Blutes haben wir, osmotische Aequivalent des Eiweisses fast  $= \infty$  ist, eine Hauptbeweise für das in den Darm als Nahrungsstoff aufgenommene oder von den Drüsen in denselben mit ihren Sekreten ergossene Wasser in das Blut allgemeine Säftemasse. Trotz ihres zweckmässigen Baues versagen die Organe das Blut den Dienst sehr bald vollkommen. Es rechtfertigt diese die hohe Meinung der Alten von dem Blute, das man als das eigentliche Prinzip ansah, ja das von Philosophen des griechischen Alterthums (Arist. de anim. L. 1, c. 2) sogar geradezu als Seele bezeichnet wird. Wir uns zu seiner näheren Betrachtung.

#### Physikalische Analyse des Blutes.

Während das Blut in den Blutgefässen sich bewegt, besteht es aus einer oder schwach hellgelblich gefärbten, etwas klebrigen Flüssigkeit: dem Plasma — Plasma sanguinis — von alkalischer Reaktion, die durch Abgerinnen) und Muskelaktion abnimmt (PFLUGER, ZUNTZ, J. RANKE), salzig-schmack und eigenthümlichem Geruche und aus einer sehr bedeutenden in dieser Flüssigkeit schwimmender zelliger Elemente, welche zum Theile roth gefärbt, zum kleineren farblos sind. Beide werden als Blutkörperchen, Blutzellen — Corpuscula sanguinis — bezeichnet und nach ihrer Form und weisse Blutkörperchen oder Zellen unterschieden. Sobald das Blut dem Einfluss der lebenden Gefässwand unterliegt, scheidet sich ab, Fibrin, aus dem Plasma aus und bildet das vorhin flüssige Blut eine feste weiche Masse: Cruor um, welcher alle Blutkörperchen in sich einschließt.

Nach kurzer Zeit beginnt dieser sich zu kontrahiren und presst eine flüssige Flüssigkeit Blutserum aus sich heraus, welches als Plasma zu betrachten ist. Die in dem Faserstoffgerinnsel, das sich zu einem Kuchen hat = Blutkuchen (Placenta sanguinis) eingeschlossenen rothen Blutkörperchen geben diesem seine gesättigt rothe Farbe. Bei manchen Thieren, namentlich bei Pferde immer, aber auch hie und da bei dem Menschen besonders bei gewisser entzündlicher Allgemeinkrankheiten tritt die Blutgerinnung ein. Die rothen Blutkörperchen, welche etwas specifisch schwerer als das Plasma, das im Durchschnitt ein specifisches Gewicht von 1,027 als spec. Gew. des Gesamtblutes beträgt im Mittel etwa 1,055; nach Abzug des specifischen Gewichtes der rothen Körperchen  $= 1,105$ , erhalten Zeit und Ort, sodass vor der Gerinnung eine blutkörperchenfreie obere Schicht





undurchsichtig. Ob sie eine Hüllenmembran besitzen, ist noch zweifelhaft. KOLLE zeigt sie an und lehrt, dass sie aus einer dem Blutfibrin ähnlichen Eiweissmodifikation besteht. Sie umschliesst nach ihm den rothen Inhalt. Nach ROLLETT sind die Blutkörperchen aus einem festeren Stroma und dem eingelagerten rothen Farbstoff zusammengesetzt. Letztere kann durch Wasser, durch Entladungs- und Inductionsströme zum Austritt aus dem Stroma gebracht werden. Er färbt dann das Serum, und das Blutkörperchen bleibt ungefärbt zurück. Das dann rothgefärbte Serum ist durchsichtig: lackfarben und dabei dunkler. Die Blutscheibchen wirken, so lange sie noch biconcav sind, als Hohlspiegel, die das Licht reflektiren. Fällt diese Reflexion weg, so wird die Blutflüssigkeit, das Blut durchsichtig. Durch Salzzusatz contrahiren sich die Blutkörperchen, die Reflexion wird stärker, die Blutfarbe heller (cf. unten venöses Blut). Entgasung des Blutes, Behandeln mit gallensaureren Salzen, Aether, kleinen Mengen Alkohol, Chloroform, Kohlenstoff wirken wie Wasserzusatz. Dasselbe thut Gefrierenlassen des Blutes.

Blutkörperchen und das Stroma für sich zeigen eine auffallende Elasticität, die erlaubt bedeutende Formveränderungen zu erleiden und diese wieder auszugleichen. Bei Betrachtung des Blutkreislaufes unter dem Mikroskop sieht man sie sich mit Leichtigkeit zwischen den Capillaren hindurch zwängen, deren Lichtbrechungsindex geringer ist als der Durchmesser der Blutkörperchen. H. WELCKER fand den Brechungsindex der rothen menschlichen Blutkörperchen bei Männern im Mittel zu 0,0077 Mm., bei Frauen zu 0,0049 Mm. Blut von weiblichen Thieren gab etwas niedrigere Werthe. Die Schwankungen sind sehr bedeutend, das Maximum beträgt 0,0086, das Minimum 0,0064. Die Grösse ist weniger. Alle zwischen den beiden Extremen liegenden Grössen finden sich in der Natur. Im Blute ziemlich gleichmässig vertreten, indem ebengenannten Durchzwängen durch die Capillaren vorübergehend elliptisch, fadenförmig. An vorspringenden Gewebs-

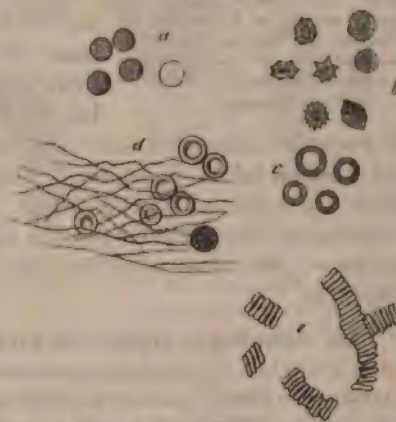
stellen — scharfen Theilungsstellen zweier Capillargefässe — kann man sie hängen bleiben sehen. Der Blutstrom nach beiden Richtungen hingezogen und gedehnt, sodass sie die Gestalt des doppelten Zwerchsackes erhalten, indem ihr Mittelstück fast fadenförmig ausgedehnt wird, während die beiden Enden keulenförmig anschwellen.

Die Grösse der Blutkörperchen hängt von dem procentischen Wassergehalt des Blutes ab. Je wasserreicher das Blut ist, eine desto grössere Menge von Wasser wird sich auch in den Blutkörperchen imbibiren und diese bis zu einem gewissen Grade kugelig aufschwellen machen. Umgekehrt werden die Blutzellen kleiner durch grössere Blutkonzentration. Es wird also die tägliche Veränderung der Blutmischung durch Nahrungsaufnahme die Gestalt der Blutkörperchen wechseln müssen. HARTING fand die Blutzellen nach einer reichlichen Mahlzeit kleiner. Auch nach andauernden Muskelkrämpfen, in Folge dessen das Blut konzentriert wird, sah ich die Blutkörperchen im Froschblute an Grösse im Durchschnitt etwas vermindert.

**Bemerkung.** — SWAMMERDAM entdeckte im Froschblute 1685 die rothen Blutkörperchen. MALPIGHI 1664 beim Igel, LEEUWENHOEK beim Menschen 1673.

Unter den farbigen findet das Mikroskop im Blute noch die schon namhaft gemachten weissen Blutzellen. Sie stimmen mit den Lymphzellen oder

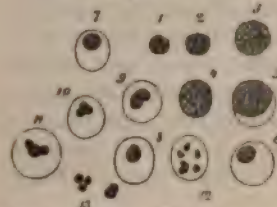
Fig. 93.



Menschliche Blutzellen; a unter Wassereinwirkung; b in verdünntem Blute; c aufgetrocknet; d in geronnenem Blute; e rollenartig an einander gelagert.

Lymphkörperchen vollkommen überein. Es sind wie jene runde, ihre Grösse beträgt im Mittel  $0,0025-0,0053''$ . Sie sehen feinkörnig unregelmässig körniger Oberfläche; der Kern scheint nur undeutlich und da finden sich an ihnen zwei oder selbst mehr Kerne, sodass

Fig. 94.



Zellen der Lymphe; bei 1-4 unverändert; bei 5 erscheint Kern und Schale; dasselbe bei 6, 7 und 8; bei 9 beginnt der Kern sich zu spalten, ebenso bei 10 und 11; bei 12 ist er in 6 Stücke zerfallen; bei 13 freie Kernmassen.

Eiterkörperchen aussehen (Fig. 94.). Säure werden die Kerne deutlich, in körnige Zellinhalt aufhellt. Neben solchen körnigen Zellen, kommen auch etwas grüner durchsichtigem Inhalte vor, meist mit einem Kern. — Die farblosen Zellen sind spärlicher als die farbigen. Während sich letztere in gerinnenden Blute senken, schwimmen die farblosen und werden in grosser Anzahl in die Gerinnung eingeschlossen. Unter gewissen krankhaften Bedingungen finden sich diese Körperchen selbst in rothe Blute vor. In der Leukämie können auch rothe Körperchen schon in weissen Blute bei Körpertemperatur lebhaft Bewegungen aussenden und einziehen. (Ueber Zwischenstufen zwischen rothen und weissen Zellen cf. unten.) Ausserdem finden sich noch kleine farbige Körnchen im frischen Blute, oft stark glänzend an Pilzsporen. ZIMMERMANN's Elementarkörperchen hält HENSEN wohl mit Recht als Artefakte. Bei säugenden Thieren soll das Blut vorübergehend solche enthalten.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die rothen Blutkörperchen der Säugethiere ähneln denen des Menschen, nur in der Grösse zeigen sie grosse Abweichungen. Die Blutzellen der Elephanten sind die grössten mit einem Durchmesser von  $0,0066''$ . Bei vielen anderen Säugern sind sie kleiner als beim Menschen z. B. Pferd. Die rothen Blutkörperchen des Lamas, Alpakas und Kamels sind dagegen kleiner als beim Menschen von  $0,0036''$ . Bei den folgenden Wirbelthierklassen wird die ovale Form herrschende. Nur bei ganz niederen Fischen, den Cyclostomen, findet sich die runde Form wieder, das Blut des *Amphioxus lanceolatus* ist nicht mehr roth und enthält keine blutigen Thiere. Bei den Vögeln besitzt das ovale Körperchen einen Durchmesser von  $0,008-0,0066''$ , der Querdurchmesser beträgt nur etwa die Hälfte. Länger als bei den Vögeln sind die ovalen Körperchen der beschuppten Fische, nackten Amphibien und quermäuligen Fischen (Rochen und Haie), sind die Körperchen der Frösche im Mittel  $0,01''$  lang. Bei Froschlurchen steigt sich der Durchmesser, sodass man sie als feinste Pünktchen mit freiem Auge erkennen kann. Bei *Teius anguineus*  $0,0257''$ . (Fig. 95.)

Unter den Wirbellosen besitzen viele Ringelwürmer (*Lumbricus terrestris*) bei den übrigen hat das Blut eine verschiedene Färbung: gelblich, grün, oder es ist vollkommen farblos. Der Farbstoff inhiert hier dem Plasma an, und es sind ungefarbte Körperchen, die oft an die Lymphzellen der Wirbelthiere erinnern. Der rothe Farbstoff mancher Blutsorten der Wirbellosen ist globin analog sein (ROLLETT).

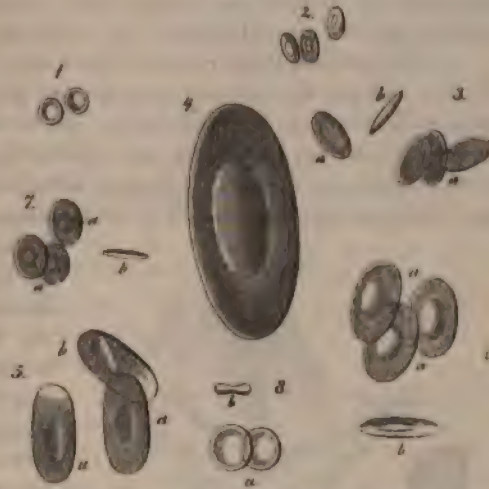
Die Menge der Blutkörperchen im Blute verschiedener Thiere ist gezählt worden. 1 Kubikmillimeter Menschenblut hält nahezu 5 Millionen farbige und 44000 farblose. Das Blut vom Kaninchen von 2700000 bis fast 4 Millionen. Die Zahlen schwanken in sehr weitem Grade.



Thieren derselben Art. Das Murmeltier hat im Anfang des Winterschlafs 5800000, nur noch 2300000, was ein bedeutsames Licht auf das Blutleben wirft.

**Technik der Blutanalyse.** — Blutkörperchenzählung nach Vukobrat. Zuerst wird gemessenes Blutvolum durch Zusatz eines grossen Volums einer Zuckerlösung mit Kochsalz gleichmässig verdünnt, dann lässt man in eine feine Kapillare, die zur bequemeren Füllung in ein weiteres Glasröhrchen einen Kork befestigt ist, die richtige Menge der Mischung einströmen, deren Länge im Kapillarrohr unter dem Mikroskop bestimmt wird. Die Weite des Lumens der Kapillare hat man ebenfalls gemessen. Daraus kennt man das Volumen der Mischung und aus der gemessenen Verdünnung das Volumen des reinen Blutes in der Kapillare enthalten. Der Inhalt der Kapillare wird auf ein Glasblättchen (Objectglas) geleert, mittelst einer Nadel mit einem Minimum Gummimischung und zu einem länglichen Auszug gezogen, welche erstarrt und die Blutkörperchen auf eine Sternkarte enthält. Das Präparat wird mit einem in viele Theile getheilten Glasmikrometer bedeckt und dann die Blutkörperchen der einzelnen Reihe nach gezählt. Die Zählungsfehler ist nur etwa 3% bei verschiedenen Präparaten. Natürlich kann man in derselben Weise auch die mikroskopischen Elemente anderer Flüssigkeiten zählen (Nasse).

Fig. 95.



Farbige Blutzellen; 1. vom Menschen, 2. vom Kameel, 3. der Taube, 4. des Proteus, 5. des Wasserschnecke, 6. des Frosches, 7. von Cobitis, 8. des Ammonoeba. Bei a Ansichten von der Fläche; bei b die seitlichen (meistens nach Wagner).

### Chemische Blutbestandtheile.

Die chemische Analyse weist in den rothen Blutkörperchen einen rothen farbbaren Farbstoff nach: das Haematokrystallin, Haematoglobulin, welches durch gewisse chemische Einwirkungen in einen Eiweisskörper, und einen eisenhaltigen Farbstoff, Haematin, zerfallen kann (S. 62). Zersetzt sich Blut im Organismus spontan, so tritt ein anderer Farbstoff: Haematoidin (Bilirubin?). Innerhalb der rothen Blutkörperchen ist das Haemoglobin nicht krystallisiert. Um die Krystallisation einzuleiten, genügt das Auswaschen des Farbstoffes durch Wasser aus den Blutkörperchen; dasselbe bewirken alle Einflüsse, welche den Farbstoff lösen: Gefrieren und Wiederauftauen des Blutes, Durchleiten durch Membranen, Schlagen, Behandeln mit gereinigter Galle, mit Aether. Auch schon beim bloßen Entfernen der Blutgase kann Krystallisation des Farbstoffes eintreten. Tödtet man kleine Thiere: Mäuse, Ratten etc. mittelst Aetherdämpfe, so krystallisiert ihr Blut sehr leicht (Fig. 96.). Die Gestalt der Krystalle ist verschieden: sie stellen sich als rothe Säulen, Nadeln oder Tafeln dar, alle aus dem

rhombschen Systeme. Nur aus dem Eichhörnchenblut entstehen Tafeln. Aus dem Fischblut scheinen die Krystalle ungefärbt. Alle im Wasser sehr leicht auf. Ihre Färbung zeigt sich dichroitisch, indem einfallendes Licht roth, im durchfallenden grün erscheint; die Anwesenheit von Sauerstoff hebt diesen Dichroismus auf, sodass er dem arteriellen Blut entspricht. Das venöse Blut zeigt im verdünnten Zustand oder dünnen Schichten die optischen Eigenschaften des Haemoglobins, die unten bei den Blutgasen besprochen werden.

Neben diesem Blutfarbstoff finden sich in den rothen Blutkörperchen Wasser und gewissen Gasen noch geringe Mengen in Aether löslicher Stoffe, die man früher nur für Fette hielt. Sie bestehen ausser aus wahren Seifen, Cholesterin, Protogen und dessen Zersetzungsprodukten: Lecithin, Lecithinphosphorsäure etc. L. HERMAN vermuthet, dass das Blutkörperchen aus Protogen bestehe, mit dem es in seinem Verhalten gewisse Uebereinstimmungen zeigt.

mungen zeigt. Sehr wichtig ist die Blutkörperchen sich in 2 Bestandtheilen ziemlich gleichmäßig die Muskeln verhalten. Auch herrschen im Gegensatz zu den Kalium- und Phosphorverbindungen vor. Eisen und Magnesium sind als Bestandtheil des Hämoglobins ebenfalls in der Asche der Blutkörperchen und fehlen in den Bluten. Die chemischen Bestandtheile des weissen Blutkörperchens sind hauptsächlich, mit Ausnahme der Proteine, die der rothen.

Blutkrystalle des Menschen und der Säugethiere.  
a Blutkrystalle aus dem Venenblut des Menschen;  
b aus der Milzvene; c Krystalle aus dem Herzblut  
der Katze; d aus der Halavene des Meersehwein-  
chens; e vom Hamster und f aus der Jugularis des  
Eichhörnchens.

zweiten chemischen Substanz: der fibrinoplastischen Substanz im Blutplasma sowie wahrscheinlich in den rothen und weissen Blutkörperchen, aber wohl auch noch in anderen Gewebsflüssigkeiten enthalten ist. Manche pathologische wässrige Ausschüttungen in die Gewebe enthalten eine solche Substanz, ein Zusatz von einer minimalen Menge Hühner-



scheidung von Fibrin hervor, die ohne diesen Zusatz nicht eingetreten wäre. Fibrin scheidet sich offenbar wenigstens zum Theil aus dem Plasma aus dem Plasma, das man durch rasches Senken der Blutkörperchen für Blutkörperchen z. B. aus Pferdeblut erhalten kann, gerinnt. Aus Froschblut grosse Blutkörperchen nach Verdünnung mit Zuckerwasser abfiltrirt man, kann man (J. MÖLLER) ebenfalls gerinnendes Plasma erhalten. Erst die Auflösung der Blutkörperchen immerhin mit zur Gerinnung beibringt. Nach Einspritzen von Galle in das Blut lebender Thiere tritt nach meinen Versuchen rasch Blutgerinnung im lebenden Thiere ein. Ebenso nach Einspritzen in totem und wieder aufgethautes Blute (NAUNYN). Beide Einflüsse zerstören, wenn man sie, die rothen Blutkörperchen. A. HEYNSIUS lehrt, dass das Fibrin zum Theil aus den Blutkörperchen stammt, bei Pferdeblut bis zu 90%. Aber noch immer räthselhaft, warum die Fibrinausscheidung im lebenden Thiere nicht stattfindet, während sie auch in den lebenden Adern so rasch, wenn das in diesen enthaltene Blut durch Unterbindung des Gefässes rasch durch Reibung an Wandrauhigkeiten nur Verzögerung in seiner Beförderung erfährt. Wir haben es hier mit einem räthselhaften Einfluss der lebenden Gefässwand zu thun (BRÜCKE), der bisher jedoch einer genaueren Analyse ge-  
 Froschblut mit einem lebenden pulsirenden Herzen über Quecksilber nicht gerinnt. Bei dem Absterben der Gefässwand und bei der Blutstockung durch Aderlass tritt das Blut ganz, bei der Stockung der Bewegung in den lebenden Gefässen wenigstens der centrale Inhalt der Gefässe aus der Gefässwand heraus. Verzögert wird die Fibrinausscheidung durch gewisse Zusätze zum Blut: wie Kohlensäure und andere Säuren, Alkalien, alkalische Salze. Der Zutritt der Luft beschleunigt die Fibrinausscheidung, ebenso eine Erwärmung bis auf 55° und Schlagen oder Quirlen. Fibrin, das sich aus dem Blute ausscheidet, beträgt im Durchschnitt nur 1%. Das Blut besitzt mehr fibrinoplastische Substanz als zur Ausscheidung des ihm enthaltenen fibrinogenen Substanz nöthig ist. Es ist auch noch fähig, seinen Faserstoffes fähig in anderen nur fibrinogene Substanz in Flüssigkeiten z. B. Transsudaten die Fibrinausscheidung zu veranlassen. Chylus und Lymphe, deren Gerinnung an sich langsam erfolgt, wird durch Blutzusatz beschleunigt. Aus dem verdünnten Blute lassen sich durch Kohlensäure ausscheiden, zuerst wird dadurch die fibrinoplastische Substanz gefällt. Durch Hitze und Alkohol können sie nicht gefällt werden, woselbst sie sich vom Globulin unterscheiden, weshalb sie KÜHNLE als Paraglobulin bezeichnet. Das Haemoglobin besitzt keine fibrinoplastischen Eigenschaften (KÜHNLE). Das Blutserum (das Blutplasma ohne Fibrin) besteht dem grössten Theile nach aus Wasser. Die Hauptmasse an festen Stoffen macht das Albumin, das Bluteiweiss, aus. Ausserdem findet sich auch etwas Natron- und Serumcasein durch Säuren fällbar. Die Eiweissmenge beträgt etwa 7%. Die Asche des Blutserum enthält vorzüglich Natronsalze, im Gegensatz zu den Salzen der Blutkörperchen, verbunden mit Chlor und Kohlensäure. Was man sonst als Extraktivstoffe des Blutes zusammenzufassen kann, lässt sich durch genauere Analysen grossentheils schon jetzt als ein Gemisch verschiedener Stoffen herausgestellt, die wir uns nach der Bekanntschaft mit denselben stellen können.

Der Chylus führt dem Blute vor allem Fette und Seifen zu, die näher untersucht sind. Auch hier findet sich Cholestearin und Lecithin. Die Fettmenge im Blute ist gering, etwa 0,1—0,2 %<sub>0</sub>. Ausser dem findet sich auch Traubenzucker, der zum Theile aus der Nahrung stammt, weise aber auch aus Gewebsflüssigkeiten aufgenommen wird: aus den Muskeln. Ausserdem kommen noch die übrigen Zersetzungs-Eiweissstoffe der Gewebe vor. Nachgewiesen sind: Harnstoff, Hippursäure, Sarkin, zuweilen Harnsäure (bei Gicht).

Ueber das Verhalten der Gase im Blut werden wir erst etwas zu sprechen haben; es finden sich: Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure.

Es gelang bisher nur unvollkommen, Blutkörperchen und Plasma zu trennen, um eine Analyse zu unterwerfen, da beide Blutsbestandtheile mechanisch z. B. im Menschen- und Säugethierblut nicht zu trennen sind. Es kann hier das Senkungsbestreben der Blutkörperchen benutzt werden (Horre), das aber nur führt, dass eine so grosse Blutschicht von Blutkörperchen frei wird, um genaugenommen für eine Plasmaanalyse zu liefern. Es ist klar, dass man durch eine Analyse des Blutes = Blutkörperchen + Plasma und eine weitere Analyse des Plasmas allein die nothwendigen Anhaltspunkte haben würde, um den Gehalt an Wasser und ihre chemische Zusammensetzung zu berechnen. Die Gesamtmenge des Blutes kann aus der Gesamtfibrinmenge bestimmt werden, da das Fibrin nur aus dem Blute kommt. Hat man also in einer Portion reinem Plasma das Fibrin bestimmt, so kann man aus der Fibrinmenge des Gesamtblutes leicht die Gesamtmenge des Plasmas berechnen.

Horre machte nach dieser Methode Analysen des Pferdeblutes, das sich durch das Senkungsbestreben seiner rothen Blutkörperchen auszeichnet.

In 1000 Theilen Gesamtblut waren:

Plasma . . . . .	673,8
Blutkörperchen . . . . .	326,2

In 1000 Theilen Blutkörperchen:

Wasser . . . . .	565,0
festen Stoffe . . . . .	435,0

In 1000 Theilen Plasma:

Wasser . . . . .	908,4
festen Stoffe . . . . .	91,6
Faserstoff . . . . .	10,1
Albumin . . . . .	77,6
Fette . . . . .	1,2
Extraktivstoffe . . . . .	4,0
lösliche Salze . . . . .	6,4
unlösliche Salze . . . . .	1,7

C. Schmidt hat nach einer anderen Methode die Blutkörperchen und Plasma gesondert analysirt. Als Beispiel diene seine Analyse des Blutes eines Mannes. Wenn wir hier auch keine absolut richtigen Zahlen vor uns haben, so sind die direkten Ergebnisse der Analyse doch immer als Annäherungen an die Wahrheit zu betrachten, als wir bisher noch keine anderen Beobachtungen von grösserer Genauigkeit für sie substituiren können. Diesen Analysen verdankt man die wichtigen Kenntniss der verschiedenartigen Vertheilung der anorganischen Stoffe zwischen den Blutkörperchen und Plasma, aus welcher der rege Diffusions-Wechselverkehr zwischen den Hauptbestandtheilen hervorgeht, auf dem ihre gegenseitige, lebendige Thätigkeit nach beruhen muss.



teilen Blut sind enthalten:

Blutzellen . . . . .	543
Plasma . . . . .	487

teilen Blutzellen:

Wasser . . . . .	684,63
feste Stoffe . . . . .	348,37
Haematin . . . . .	15,02
Globulin (Gesammteiweiss) . . . . .	296,07
anorganische Salze . . . . .	7,28
Chlorkalium . . . . .	3,679
schwefelsaures Kali . . . . .	0,132
phosphorsaures Kali . . . . .	2,343
phosphorsaures Natron . . . . .	0,633
Natron . . . . .	0,341
phosphorsaurer Kalk . . . . .	0,094
phosphorsaure Bittererde . . . . .	0,060
Eisen . . . . .	unbestimmt.

teilen Blut plasma:

Wasser . . . . .	904,54
feste Stoffe . . . . .	98,49
Fibrin . . . . .	8,06
Albumin u. Extractivstoffe { . . . . . }	84,92
anorganische Salze . . . . .	8,54
Chlorkalium . . . . .	0,359
Chlornatrium . . . . .	5,546
schwefelsaures Kali . . . . .	0,284
phosphorsaures Natron . . . . .	0,274
Natron . . . . .	1,532
phosphorsaurer Kalk . . . . .	0,298
phosphorsaure Bittererde . . . . .	0,248

oben gegebenen Auseinandersetzungen ist das Resultat der Analyse verständlich der Gehalt des Plasma an phosphorsaurer Kalk- und Bittererde für die Knochen sein müsse, leuchtet ein.

**henden Physiologie des Blutes.** — NASSE und Andere haben über die Zusammenhänge verschiedener Thiere zahlreiche Untersuchungen angestellt, die jetzt bei Ernährungswesen wiederholt werden müssen.

Das Blut des Menschen und Omnivoren soll am meisten Blutkörperchen und daher Eisen und lösliche Phosphate enthalten, ebenso am meisten feste Stoffe und die Menge des freien (schwachgebundenen) Alkalis im Blut soll eine mittlere Stellung einnehmen. Die Menge in dem Blut der Herbivoren und Carnivoren, die am wenigsten davon enthalten. Das Blut der Carnivoren enthält vielleicht etwas weniger (?) Blutfibrin (S. 350) und weniger Fibrin und mehr Fett. Das Blut der Herbivoren ist am reichsten an Blutkörperchen unter allen Säugethieren. Das Blut der Vögel enthält ebenso reichlich wie das des Menschen, es ist reicher an Fibrin und Fett und ärmer an Eisen. Das Blut der kaltblütigen Wirbelthiere enthält mehr Wasser und weniger Eisen als das Blut aller anderen Wirbelthiere. Für das Blut mancher Wirbellosen soll Kupfer neben dem Eisen eine hervorragende Rolle zu spielen. Das Blut des Menschen wird beim Stehen an der Luft himmelblau, Ammoniak hebt die Farbe auf, es soll sie zurückbringen, es gibt bei 6,42% Asche 0,033 Kupferoxyd, es enthält

daneben aber auch Eisen, (GENTH, v. GORUP-BESANEZ). Auch die Bläsepoden fanden HARLESS und BIRRA kupferhaltig, ebenso GENTH die von Lima, der sich aber auch Eisen findet. Das Blut von *Helix pomatia* soll durch Zinkstoffs blau, durch Kohlensäure farblos werden, während das Blut einiger Cephalopoden (und *Eledone*) durch Sauerstoff nicht, dagegen durch Kohlensäure blau gefärbt wird. Auch im Blute von Sepien und Octopus konnten H. MELLE und SCHLOSSER Eisen nachweisen. In dem Blute folgender niederen Thiere ist bisher Kupfer nachgewiesen: *gastis*, *C. pagurus*, *Eledone*, *Acanthias*, Sepien und Octopus, *Helix pomatia*, *Limulus* *Cyclops* (v. GORUP-BESANEZ). Die Meinung, dass das Eisen der blutlosen Thiere bei den Wirbellosen physiologisch durch Kupfer ersetzt sei, wird BESANEZ dadurch unwahrscheinlich, dass neben dem Kupfer das Eisen in diesen Thiere nie fehlt und zuweilen sogar in überwiegender Menge vorhanden ist.

### Gase des Blutes.

Im Gesamtblute sind Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, die durch den Wechselverkehr der Gase der Atmosphäre mit den Blutgasen des Oxydationsprocess der Organe sich bilden — vor allem Kohlensäure, die Lebensmöglichkeit des animalen Organismus.

Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut ist zum grössten Theile abhängig von den physikalischen Gesetzen der Gasdiffusion und der Einwirkung einer Anziehung der Blutkörperchen und zwar ihres Hämoglobins, gegen dieses wichtigste Lebensbedürfnis. Das Blutserum besitzt keine stärkere Anziehung zu Sauerstoff als einer Flüssigkeit, sondern sein Salzgehalt nach den allgemeinen Gesetzen der Gasdiffusion (L. MAYER). Der Farbstoff der rothen Blutkörperchen bindet den Sauerstoff an sich, ohne sich mit ihm zu zersetzen, und besitzt die Fähigkeit, ihn wieder an andere Gewebe zur Oxydation abzugeben. KÜHN beobachtete diese Sauerstoffabgabe an Flimmerzellen (S. 109). Man hat die Bluthämoglobine mit Schwämmchen verglichen, die den Sauerstoff in sich einsaugen. Es ist so lose, dass der aufgenommene Sauerstoff von dem Blute leicht durch dieselben Mittel getrennt werden kann, welche die Chemiker zur Gewinnung ganz indifferenten Gases aus Flüssigkeiten auszutreiben. MAGNUS, CL. BERNARD, dann SETSCHENOW, SZELKOW, SCHÖFFER, PREYER u. a. im physikalischen Laboratorium, in der neuesten Zeit PFLÜGER sind es, die uns die Kenntniss des Gasgehaltes des Blutes verdanken. Sie haben die sie untersuchten, aus dem Blute durch Auskochen, durch Einwirkung von Gase, oder am besten durch Hereinbringen des Blutes in den luftleeren Raum (TORICELLI'sche Leere) gesammelt.

Die Entdeckung LOthAR MEYER's, dass der Sauerstoff des Blutes durch Kohlensäure zum Blute so fest gebunden wird, dass er nun durch die eben genannten Mittel nicht mehr ausgetrieben werden kann, verspricht für die Erkenntniss des Oxydationsprocesses im Blute von grosser Bedeutung zu werden, da sich die bei der Gewebe- und des Blutes sich bildende Säure beständig dem Blute beimischen und eine bestimmte Sauerstoffmenge bindet.

Man hat lange daran festgehalten, dass ihr Eisengehalt es sei, welcher der Blutkörperchen die Fähigkeit, Sauerstoff anzuziehen, ertheile. Soviel steht fest, dass in den Blutkörperchen die besprochene Eigenschaft zukommt. Auch in den Hämatoxylinen in Hämoglobin und den globulinhaltigen Eiweisskörpern.



nach Anziehungskraft auf Sauerstoff. Nach FERNET soll auch das Serum etwas unabhängig vom Druck aufnehmen, ein Resultat, welches dadurch zweifelhaft ist, dass man Serum nie ganz haemoglobinfrei erhalten kann.

Neint nach den neuen Beobachtungen kaum einem Zweifel mehr zu unterliegen, dass Sauerstoff im Blute in die active Form, in Ozon übergeführt wird, wodurch er erst die verlangte, bei der normalen Körpertemperatur die zum Leben nöthigen Oxydationsenzymen zuleiten. Es wirken auch hier wieder die rothen Blutkörperchen, nicht das Serum. SCHWIMM gelang es, die Ozonreaktion von normalem Blute zu erhalten, nachdem schon bekannt war, dass die Blutkörperchen das Ozon aus ozonhaltigen Flüssigkeiten aufnehmen und auf andere durch Ozon leicht oxydirbare Stoffe übertragen. Auch leicht oxydirbare Stoffe verwendete SCHÖNBEIN, der Entdecker des Ozons, vor Jodtinktur, die sich durch Ozon lebhaft bläut, und Iodkaliumkleister, aus dem das Iod frei macht und dadurch zur Bildung der bekannten tiefblauen Iodstärke Veranlassung gibt. SCHÖNBEIN hat auch gezeigt, dass das Blut aus Antozon, einer anderen Modification des Sauerstoffes, die mit dem Ozon im gewöhnlichen »neutralen Sauerstoff« verbunden ist, bei jeder Ozonbildung stets mit entsteht, auch Ozon zu bilden vermag.

Der absolute Sauerstoffgehalt des Blutes ist im venösen und arteriellen Blute verschieden, aber natürlich auch in keiner dieser Blutarten jemals constant, da es je nach der Lage der Blutkörperchen je nach den Lebens- und Ernährungszuständen in Schwankungen unterworfen ist und dem venösen Blute bei langem Laufe oder während der Thätigkeit der Organe, die es durchströmt, Sauerstoff entzogen werden muss. Bei raschem Durchströmen des venösen Blutes ist es unter Umständen fast ganz die hellrothe Färbung des arteriellen Blutes und damit auch einen grösseren Theil seines Sauerstoffgehaltes bei.

SCHEER fand im Menschenblute 16,41 Volumprocente Sauerstoff, in dem der Carotis eines Hundes 15,05 V. pCt. Im venösen Blute ruhender Hunde, wo der Sauerstoffgehalt sehr schwankend ist, fand SCZELKOW etwa

10 V. Sauerstoff. SCHEER hat auch die Blutgase erstickter Thiere untersucht und fand Sauerstoff fast oder wirklich vollkommen verschwunden, sodass sich keine Spuren oder keiner mehr durch Kochen und Auspumpen im luftleeren Raume treiben liess.

Stickstoff ist im Blute absorbirt enthalten. Er beträgt etwa 1—2 V. pCt. SCHEER und LOTHAR MEYER fanden ihn hie und da in grösserer Menge vor, in einem wie es scheint extremen Falle bis zu 5 V. pCt. Nach FERNET SCHEER ist vielleicht ein kleiner Theil chemisch an die Blutkörperchen

gebunden. Die beobachtete Sauerstoffverminderung im venösen Blute entspricht eine Verminderung des Kohlensäuregehaltes desselben. SETSCHENOW fand im arteriellen Blute 30 V. pCt. Kohlensäure, SCZELKOW im Blute ruhender Hunde 25 V. pCt.

Der grösste Theil der Kohlensäure ist im Blute einfach absorbirt und kann durch die oben erwähnten physikalischen Mittel aus demselben abgeschieden werden. Ein anderer, kleinerer Theil kann erst durch Zusatz einer Säure (z. B. Essigsäure) ausgetrieben werden, ist also fester chemisch gebunden. Die aus-

getriebene Kohlensäure könnte möglicher Weise auch lose gebunden sein. Die Ver- und Abgabe der Kohlensäure besorgen nicht die Blutkörperchen. J. v. LIEBIG zeigte, dass die basisch-phosphorsaure Natron des Serums diese Eigenschaft besitzt,

Kohlensäure an sich zu binden. Es leuchtet von selbst ein, dass saures Natron, indem es sich zu doppeltkohlensaurem Natron mit Antheil Kohlensäure verbindet, eine lose Bindung wie sie im Blute ebenfalls besorgen könnte.

Man hat gegen die Betheiligung des letzteren Salzes an der Kohlensäure geltend gemacht, dass das Blut alkalisch reagirt, während Lösungen, die essigsäure Kohlensäure enthalten, sauer reagiren (PREYER). Dagegen haben R. MEYER und ZERTZ gezeigt, dass Blut auch nach vollkommener Sättigung mit Kohlensäure noch noch unbekannte Verbindungen in den Blutkörperchen hat man an der Bindung der Kohlensäure im Blut betheiligt geglaubt, da die Kohlensäure nach anderen Gesetzen mit dem zunehmenden Drucke wächst als die des sauren Natrons (ZERTZ). Das phosphorsaure Natron der Blutmasse ist im Blute in geringer Menge vorhanden und kann sich dem entsprechend auch nur in geringem Antheile der Kohlensäure betheiligen. Es entsteht bei der Verbrennung als Asche (BETTER und SERTOLI).

HOLMCKEN und J. W. MÜLLER haben die Spannung des Sauerstoffes im Blutkörperchen bestimmt. HOLMCKEN verfuhr in der Weise, dass er Blut in einem abgeschlossenen Raume der Abdunstung aussetzte, bis ein Manometer keine Druckzunahme anzeigte. Die Sauerstoffspannung des Sauerstoffes in den abgedunsteten Gasen bestimmte. Die Sauerstoffspannung scheint im Allgemeinen nach MÜLLER mit der Temperatur zu steigen. Die Aufnahme von Sauerstoff aus sauerstoffreichem Blut an sauerstoffarme Luft und die Aufnahme von Sauerstoff aus sauerstoffreicher Luft in sauerstoffarmes Blut findet so lange statt, bis ein Gleichgewicht zwischen der Sauerstoffspannung im Blute und der Sauerstoffspannung in der umgebenden Luft eingetreten ist. Dieses Verhältniss wächst mit wachsender Sauerstoffspannung der Luft natürlich ab von der Menge der im Blute enthaltenen Sauerstoff respektive der Menge des Haemoglobins.

Als Beispiel des quantitativen Gasgehaltes mag eine Bestimmung von BETSCHENOW im Menschenblute dienen.

In 100 Volum Blut waren:

Gesamnte Gasmenge .	48,20
Sauerstoff . . . . .	16,41
Stickstoff . . . . .	1,20
Kohlensäure:	
frei . . . . .	28,37
gebunden . . . . .	2,32
gesammt . . . . .	30,59

Oder 100 Volum Blutgase enthalten:

Sauerstoff . .	34,4 V. pCt.
Stickstoff . .	2,4 „
Kohlensäure .	63,5 „

Als Mittelzahlen aus 10 Analysen der Gase von arteriellem Hundeblut aus demselben Laboratorium, berechnen sich:

Gesamtgasmenge = 45,9 Vol. pCt. bei 0° und 1 M. Hg. D.

Kohlensäure = 29,7 „

Sauerstoff . = 14,6 „

Stickstoff . = 1,6 „

PREYER, dessen Auspumpungsmethode der Gase wohl die vollkommenste ist, fand in 100 Volum arteriellem Hundeblute:

Gesamtgasmenge = 29,5 Vol. pCt. bei 0° und 1 M. Hg. D.

Kohlensäure = 29,0 „

Sauerstoff . = 7,9 „

Stickstoff . = 2,6 „



analytischen Resultate beanspruchen nur den Werth von Beispielen; bei den unregelmässigen Schwankungen im Gasgehalte des Blutes unter verschiedenen Lebenszuständen des Thieres, von dem man das Blut gewonnen, sind Mittelwerthe von sehr untergeordneter Bedeutung.

Gesammtblut hat viel mehr Gase als das Serum. Nach den vergleichenden Analysen, welche an Hundeblut angestellt, ergaben sich in einem Versuche folgende Verhältnisse:

Gesamt- gasmenge:	davon Kohlensäure	
	auspumpbar:	gebunden:
41,43	24,62	16,81
41,28	11,20	30,08

Wieweit das Gesamtblut weit reicher an Sauerstoff als das Serum, welches letztere nur so viel Sauerstoff wohl nur so viel enthält, als es nach den Gesetzen der Gasabsorption zu vermögen vermag. Dagegen scheint fast alle Kohlensäure dem Serum anzugehören.

Bezüglich der Gewinnungsmethode der Kohlensäure ist zu bemerken, dass nach Beobachtung von PFLÜGER ein Säurezusatz zum Blute zur Austreibung des letzteren nicht nöthig ist, da in dem Blute bei dem vollkommenen Entgasen eine Säure entsteht, welche die Kohlensäure selbst zu überwinden vermag. Diese Säure des Blutes entsteht in den Blutkörperchen. Ehe man sie näher kennt, kann man sie als: Blutkörperchensäure bezeichnen. Sie entsteht in grösserer Menge bei Anwesenheit von mehr Sauerstoff im arteriellen Blute, und in venösem Blute, das mit Luft geschüttelt wurde, wie die Beobachtungen von SCHÖFFER und PREYER ergeben, dass die Kohlensäure leichter aus den genannten Blutarten entweicht. Es scheint sich also die Säure durch Oxydation in der Blutflüssigkeit zu bilden. Nach den Untersuchungen HOFMEYER'S entstehen bei der Zersetzung des Blutes stets neben den Hauptspaltungsprodukten auch organische Säuren, unter Ameisensäure und Buttersäure erkannte.

PFLÜGER deutete darauf hin, dass eine Säurebildung im normalen, kreisenden Blute stattfinden möchte, die in ähnlicher Weise sich an der Austreibung der Kohlensäure betheiligen würde. Nach meinen Beobachtungen, dass bei in der Zeit gesteigertem Stoffwechsel im Tetanus das Blut sogar im lebenden Organismus sauer werden könne, scheint meine Annahme keine Hypothese mehr.

### Das optische Verhalten des Haemoglobins.

Kristalle des Haemoglobins sind doppelbrechend und pleochromatisch. Die Kristalle zeigen eine schöne rothe Farbe, wenn sie unter Luftzutritt hergestellt

werden. SEYLER hat zuerst die Wirkung des Blutfarbestoffes auf das durchfallende Licht dadurch festgestellt, dass er Lösungen von Haemoglobin von wechselnden Concentrationen und gleicher Schichtdicke vor den Spalte eines Spectralapparates stellte und das Spectrum unter diesem Einfluss beobachtete. Concentrirtere Lösungen lassen nur den rothen Theil des Spectrums sichtbar. Bei fortgesetzter Verdünnung tritt Aufhellung bis zur FRAUNHOFER'schen Linie *D* ein, das Licht zwischen der Linie *E* und *F* im Grün auf, nach weiterer Verdünnung kommt das Spectrum bis zum Violett zur Erscheinung. Es bleiben nur zwei Absorptionsstreifen im grünen Theil des Spectrums, die Linien *D* und *E*, die noch bei einer Lösung von  $\frac{1}{10000}$  Haemoglobin in 1 Ctm. nicht nicht übersehen werden können. Der erste Absorptionsstreif ( $\alpha$ ) ist dunkler und besser begrenzt als der von ihm durch einen hellen Raum getrennte zweite ( $\beta$ ). Mit zunehmender Verdünnung verschwin-





vor dem Spektralapparat kann man verschiedene leicht reducirende Flüssigkeiten, z. B. ein Gemisch von Eisenvitriol, Weinsäure und überschüssigem Ammoniak, tropfenweise zusetzt, oder Schwefelammonium oder eine ammoniakalische Lösung kohlensäurem Zinnoxidul. Durch die beiden letzteren Flüssigkeiten, die farblos sind, ändert sich die Farbe des Blutes dem venösen Blute ähnlich, das Roth nimmt ab, es bekommt sich ins Blauliche, in dünnen Schichten erscheint es grün. Durch reducirende Stoffe wird das monochromatische Haemoglobin dichromatisch, Sauerstoff stellt die Monochromie wieder her.

Wenn man in die Blutlösung Kohlenoxydgas, so tritt eine leichte Verschiebung des ersten des Oxyhaemoglobins ( $\alpha$ ) nach dem zweiten zu ein, es ist das das Spektrum des Kohlenoxydhaemoglobins, welches durch reducirende Substanzen nicht verändert werden kann, dieselben lassen in der oben angegebenen Weise angewendet die Absorptionsstreifen bestehen. Wenn das Blut nicht vollkommen mit Kohlenoxyd gesättigt ist, wenn also noch Oxyhaemoglobin neben Kohlenoxydhaemoglobin in der Lösung vorhanden ist, so zeigt sich bei Anwendung reducirender Substanzen zwischen den bleibenden Absorptionsbändern des letzteren der Schatten des reducirten Haemoglobins. Ebenso verhält sich Stickoxyd, doch stimmen seine nach Anwendung reducirender Substanzen erhaltenden beiden Absorptionsbänder mit denen der Oxyhaemoglobins vollkommen

Einwirkungen, welche aus Haemoglobin durch Zersetzung Haematin entstehen lassen, zeigen auch das Spektrum des Blutes, wie schon der Uebergang des Roth der Lösung in Grün andeutet. Die nach solchen Einwirkungen im Spektrum erscheinenden Absorptionsstreifen werden von dem Haematin erzeugt. Das Haematin hat in saurerer Lösung eine verschiedene Farbe, ebenso zeigt sich auch das Spektrum ver-

Setzt man zu einer etwas concentrirteren Lösung von Blutroth oder Blut etwas Alkali, so schwinden die Streifen des Oxyhaemoglobins ( $\alpha$  und  $\beta$ ), und es tritt ein neuer auf, welcher die Fraunhofer'sche Linie C an der Grenze des Roth zu Orange deckt (Haematin-Spektrum). Uebersättigung mit Alkali schiebt den Streifen an die Grenze des Roth zu D hin ( $\beta$ ), und man kann willkürlich durch Ansäuern oder Alkalischemachen die Streifen abwechselnd hervortreten lassen, von denen der in alkalischer Lösung scharf begrenzt erscheint. Behandelt man die Haematin-Lösung mit der oben beschriebenen Lösung von Eisenvitriol (Stokes'sche Flüssigkeit), so treten zwei dunkle Streifen des reducirten Haemalins auf ( $\gamma$  und  $\delta$ ), von denen der erste etwa an derselben Stelle wie der erste ( $\alpha$ ) des Oxyhaemoglobins, aber viel breiter ist, der zweite ist weiter von (E) zugerückt als der zweite des Oxyhaemoglobins ( $\beta$ ), mit dessen Absorptionsbändern man die des reducirten Haemalins verwechseln könnte. Durch Schütteln mit Luft verschwinden letztere aber gänzlich (Kühne). Preyer versetzte wässrige Blutlösungen mit Essig und sehr wenig Eisessig, er bekam dann ein (Haematin-) Spektrum mit 4 Absorptionsstreifen, das er einem krystallisirbaren Haematin, das er Haematoin nennt, zuschreibt. Der erste Absorptionsstreifen liegt zwischen C und D, zwei zwischen D und E, von denen der erste sehr schwach, der zweite stark ist, der vierte liegt vor F. Dasselbe Spektrum sah Stokes. Es entsteht auch durch einen mit schwefelsäurehaltigem Alkohol bereiteten Niederschlag, ferner gaben viele Säuren (Oxalsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure) mit verdünntem Blut oder Sauerstoffhaemoglobin mit oder ohne Aether die 4 Streifen. In siedender Oxalsäure gelöste Haeminkrystalle zeigen dasselbe Spektrum. Der Unterschied zwischen Haemin oder Haematin ist noch nicht bestimmt festgestellt, da die Entstehung ohne Kochsalz dafür kaum beweisend sein dürfte.

Stokes gab an, dass man durch reducirende Mittel aus Haematin wieder Haemoglobin erzeugen könne, es beruhte das wenigstens z. Thl. auf einer Verwechslung des reducirten Haemalins. Neuerdings behauptet wieder Preyer eine Synthese des Blutfarbestoffes aus seinen Zersetzungsprodukten auf demselben Wege, sodass, was dasselbe bestätigt, die ältere Angabe von Stokes wieder aufleben würde. Preyer

vermeint vermehrte Durchlässigkeit mit rothem Backstein, dass gerade das Blut aufgefalten wird, und erweitert, wodurch das Haematin (Purkin's Haematin) entsteht. Mit so wenig Anwesenheitseiner erreicht, als gerade ausreicht, die erforderliche Färbung zu erhalten, weil die Flüssigkeit wieder kontrahirt und zieht sich wieder in der Nähe der des Oxyhaemoglobins. Setzt man nun eine kleine Menge einer verdünnten Eisenlösung zu, so erscheinen die Haemoglobine in matter Lagerung wieder. Ein wesentlicher, wesentlicher Haematin soll nach Purkin's das Haematin in seiner Lösung ein wesentlicher Bestandteil mit Eisenoxydul in einem aus Haematin in wässriger Lösung soll Purkin's Oxyhaemoglobin, wie nachstehende Mittel hergestellt haben. Durch heftiges Schütteln an der Luft bildet die Mischung des verdünnten Haematin in die Lösung des Oxyhaemoglobins sich auch noch keine Gelegenheit, diese letzteren Angaben Purkin's zu prüfen. Vermuthung aus Haematinen wäre nach unserer geringen Anschauungen gleichfalls entweder eine Synthese, oder die mittel an der vorherigen Anschauung.

**Der Untersuchungsapparat.** — Das Spektroskop besteht im Wesentlichen aus einem stark brechenden Prisma, durch welches der Lichtstrahl gebrochen wird, dann zerlegt wird. Das Prisma ist bedeckt und es wird ihm das Licht einer (Kleinsten) leuchtenden Flamme oder Gasflamme durch ein kleines Loch, der Flamme gegenüber, Ende bis auf einen kleinen vertikalen Schirm, durch den das Licht eintreten kann. An dem gegen das Prisma gerade befindet sich eine achromatische Linse, durch welche die Lichtstrahlen gemacht werden. Gegen die eine Prismenfläche ist ein astronomisches Fernrohr so gestellt, dass das Spektrum in das Fernrohr eintretend dem Beobachter (etwa 8 Mal) vergrößert erscheint. In dem kleinen STEINHEIL'schen Spektroskop trägt ein drittes Rohr eine Millimeterskala auf, welche mit Stahl so weit bedeckt ist, dass nur der schmale Streifen mit den Zahlen sichtbar bleibt. Diese Skala wird durch eine dicht davor aufgestellte Kerze beleuchtet. Das durch totale Reflexion entstehende Spiegelbild derselben erscheint in Folge der Stellung der Rohre im Beobachtungsfernrohr an dem das Spektrum, so dass die Stellung und gegenseitige Entfernung der Spektralsorptionsbänder unmittelbar auf der Skala abgelesen werden können.

Die Farbstofflösungen, welche spektroskopisch geprüft werden sollen, werden zwischen das Licht und den Spalt der erstgenannten Rohre, sodass das Licht in den Spalt eintritt. Man kann zur Aufnahme der Lösungen Probirgläser, besser sind die von HORRE-SEITLER angegebenen Glaskästchen mit Spiegelglaswänden, deren Abstand 4 Centimeter beträgt. Haematin und andere Farbstoffe sind aufeinander geschliffen, und werden durch einen abnehmbaren Rahmen von Metall mit Fuss gehalten. Man kann, wie bei dem Versuch zur Mischprobe, die Gläser auch definitiv in dem richtigen Abstand zu stellen, wodurch höchstens die Reinigung erschwert ist, wenn man Kitt verwendet, der Alkalien nicht angegriffen wird.

Zur spektroskopischen Untersuchung auf gewisse Elemente, namentlich Metalle, verwendet man bekanntlich nicht leuchtende (die Bunsen'sche Lampe oder eine Wasserstofflampe) in denen man die untersuchenden Stoffe glüht, wodurch die ihnen zu gehörenden diskontinuirlichen hellen Linien z. Thl. mit den dunklen Fraunhofer'schen zusammenfallen werden. Die Natriumflamme giebt z. B. eine einzige intensiv gelbe Linie auf, entsprechend der Fraunhofer'schen Linie D; Thallium giebt eine grüne, Kalium eine blaue Linie auf fast dunkeltem Grund, wodurch die Erkennung dieser und anderer ermöglicht ist.

E. RAY-LANCASTER hat die Blutfarbstoffe niederer Thiere spektroskopisch geprüft, dass manche derselben mit dem Haemoglobin nah verwandt sind.



### Verschiedenheiten in der Blutzusammensetzung.

den eine grosse Anzahl von Einflüssen auf die Zusammensetzung des Organismus statt, und zwar nach den verschiedenen Gefässbezirken wechselnde. Besonders war es die Pathologie, welche von vergleichenden Analysen in Krankheiten sich eine grosse Hilfe für die Diagnose verleiht, da man mit Sicherheit voraussetzen zu dürfen glaubte, dass die durch die verschiedenen Stoffwechselverhältnisse des Körpers gesetzten Blutveränderungen genügend sein würden, um sich der chemischen Analyse nicht zu ent-

Erwartungen der Pathologie wurden bisher ziemlich getäuscht. Auch die Physiologie hat die Blutanalyse noch verhältnissmässig wenig

Der Grund liegt vor allem darin, dass die Methoden der Untersuchung einer vollkommeneren Ausbildung vermissen lassen, und dass die verschiedenenheiten der Blutzusammensetzung an einer und derselben Stelle bei reinbar unveränderten Bedingungen so gross sein können, dass auch die Schwankungen noch innerhalb der Grenzen der möglichen Fehler hereinfallen. Es sind nur einige immerhin für das Verständniss des Wesentlichen wichtige Thatsachen durch die grosse Anzahl bisher angestellter Blutanalysen an das Licht gebracht worden.

### Arteriell und venöses Blut.

von der alten Zeit ist der grosse Unterschied aufgefallen, den das Blut in den Hauptgefässabschnitten, im arteriellen und venösen Systeme, zeigt. Die verschiedenenheiten beziehen sich vor allem auf die Farbe der beiden Blutarten. Während das venöse Blut dunkel, fast blauroth erscheint und einen deutlichen Dichroismus erkennen lässt, ist das arterielle Blut hellroth und nicht dichroisch. Man weiss, dass dieser Farbenunterschied sich von dem verschiedenen Sauerstoffgehalt des arteriellen und venösen Blutes herleitet. Schüttelt man dunkelrothes Blut mit Sauerstoff oder lässt es nur in dünner Schicht an der Berührung mit Sauerstoff ausgesetzt, so wird es bald hellroth. Leitet man Kohlendioxid ein oder schüttelt man das Blut damit, so verliert es seine hellrothe Farbe und wird dunkel. Treibt man im Vacuum alle Luft aus, so wird das Blut in einige Linien dicken Schichten schwarz.

Die Farbenänderung durch Sauerstoff rührt zumeist von einer directen Einwirkung desselben auf den Blutfarbestoff her. Auch Blutfarbestoff ausserhalb der Erythrocyten zeigt noch die hellere Röthung durch Sauerstoff. Die dunkle Farbe rührt am nächsten das Resultat des Sauerstoffmangels zu sein, da sie wie auch die hellste am stärksten im ganz gasfreien Blute auftritt. Von dem Auftreten von dem Haemoglobin rührt vor allem der Farbenunterschied und der Dichroismus des venösen Blutes her. Das Oxyhaemoglobin ist monochromatisch.

Der Antheil an den Veränderungen der Farbe sollen auch die Blutkörperchen selbst haben und zwar durch Gestaltsveränderungen, die sie erleiden. Verdünnt man Blut mit Wasser, so wird seine Farbe dunkler, bei höheren Lösungen ähnlicher, setzt man zu dunklem Blute ein Salz, so wird die Farbe heller. Es ist unzweifelhaft, dass durch die Verdünnung mit Wasser und

durch den Salzzusatz zu dem Blute die Form der Blutkörperchen wird. Durch Wasser schwellen sie auf und verlieren mehr oder weniger bikonkave Gestalt, durch den Salzzusatz schrumpfen die Körperchen, diese Formschwankungen als Grund der Farbenänderung herbeizuführen, schon oben angegeben wurde. Jedes normale bikonkave Körperchen wirkt als Hohlspiegel, der das Licht concentrirt zurückwirft. Die Kugeln der gequollenen Blutkörperchen werden dagegen das Licht zerstreuen. Man behauptet, dass der Sauerstoff die Blutkörperchen konkaver macht und Kohlensäure sie aber aufschwellen lässt.

GORUP-BESANZ stellt die von NASSE, LEHMANN, u. A. gefundenen Unterschiede im arteriellen und venösen Gesamtblute übersichtlich zusammen.

Arterienblut:		Venenblut:
Temperatur . . .	etwa um 1° C. höher	niedriger
Farbe . . . . .	heller und nicht dichroitisch	dunkler und dichroitisch
Gasgehalt . . .	relativ mehr Sauerstoff	relativ mehr Kohlensäure
Wasser . . . . .	mehr	weniger
Fibrin . . . . .	mehr	weniger
Blutkörperchen	weniger	mehr
Albumin . . .	keine konstante Differenz	keine konstante Differenz
Fette . . . . .	desgl.	desgl.
Extraktivstoffe.	mehr	weniger
Harnstoff . . .	weniger (?)	mehr
Salze . . . . .	mehr	weniger
Zucker . . . . .	mehr	weniger

Man darf bei dieser Tabelle freilich nicht die im Allgemeinen nöthige Beurtheilung der Ergebnisse der Blutanalysen vergessen.

CL. BERNARD hat gezeigt, dass das venöse Blut der auf Trigeminusreizung reagirenden Speicheldrüsen sich in seiner Farbe ganz dem arteriellen ähnlich verhält. Es ist daher, dass das Blut durch die während der Zeit erweiterten Gefäße mit grosser Schnelligkeit als sonst hindurchströmt und so nicht Zeit hat, seinen Sauerstoff so vollständig abzugeben wie sonst. Es beweist dieses aber nicht, dass die arbeitende Drüse mehr Sauerstoff verbrauche als die ruhende, ihre bekannte Temperaturerhöhung und Sekretion spricht für das Gegentheil. Wenn eine gleiche Volumeinheit Blut in der arbeitenden Drüse weniger Sauerstoff abgibt als in der ruhenden, so strömt doch in den erweiterten Gefässen so viel mehr Blut in einer gleichen Zeit, dass die Sauerstoffabgabe der einzelnen Bluteinheit dadurch noch überkompensirt wird.

Der Einfluss der Nahrung auf die Blutzusammensetzung ist nicht schwer ersichtlich. Nach fettreicher Nahrung finden sich die Fette im Blute, sodass das Serum milchig getrübt erscheinen kann; nach Brodnahrung ist das Blut nach gesteigertem Salzgenuss sind die Aschenbestandtheile des Gesamtblutes vermehrt.

Sehr bemerkenswerth ist es, weil es mit unseren Anschauungen der übrigen Vorgänge übereinstimmt, dass längeres Hungern und ebenso wirkende andere Luste oder wiederholte Aderlässe alle übrigen Blutbestandtheile vermindern, vermehren: der Organismus wird, im Ganzen also auch sein Blut durch Hungern wässriger.

Umgekehrt wirkt Nahrungsaufnahme. Während der Verdauung ist nur das Blut vermehrt und alle sonstigen Bestandtheile des Blutes vermehrt. In den Tagen sinkt der Wassergehalt des Blutes.



der fortgesetzte Fleischnahrung vermindert ebenfalls den Wassergehalt, vermehrt aber das Fibrin, Extraktivstoffen und Salzen.

Nährliche Nahrung — wie die obigen Angaben ebenfalls genau den Resultaten der Ernährungsversuche entsprechend — vermehrt dagegen den Blutwassergehalt, das Fibrin und die Fette, vermindert aber das Fibrin, die Extraktivstoffe und Salze.

Über den Einfluss der Muskel-Arbeitsleistung auf die Blutzusammensetzung weiss man, dass direkt nach der Arbeit das Blut procentisch weniger Wasser enthält als während der Ruhe, dass die Muskelzersetzungsprodukte, die sich während der Leistung in grösserer Menge bilden, zuerst in ihm anhäufen (J. RANKE); das Blut über eine saure Reaktion annehmen. Da bei Ausschluss der Ernährung, oder mangelhafter Wiederersatz des Mehrverbrauches bei Arbeit der Muskel und der Gesamtorganismus ärmer werden, so wird es in Folge davon später auch das Blut, da sein Wassergehalt ein konstantes Verhältniss zeigt zu dem Wassergehalt der Gewebe (SCHOTTIN). In die-  
se wirkt also übermässige Arbeit wie fortgesetzte Säfteverluste.

Alter und Geschlecht sind von bestimmendem Einfluss auf die Blutzusammensetzung, und es kann uns dieses um so weniger Wunder nehmen, da wir ja wissen, dass die genannten Begriffe fast vollständig durch verschiedene Ernährungszustände gegeben, deren Einwirkung auf die Blutmischung wir schon besprochen haben.

Männer haben weniger Wasser im Blute und mehr Blutkörperchen als Frauen und das Blut der Frauen ist etwas fettreicher. In der Schwangerschaft soll das Fibrin relativ vermehrt sein. Das Blut der Schwangeren bildet gern eine Speckhaut, eine Verzögerung der Gerinnung oder Beschleunigung der Senkung der Blutkörperchen. Das specifische Gewicht des Gesamtblutes soll dann geringer sein, die Farbe dunkler. In späteren Schwangerschaftsmonaten soll der Wassergehalt wieder ab-, die Blutmenge zunehmen.

Menstrualblut zeichnet sich fast immer durch den Mangel der Faserstoffgerinnung aus, entweder schon im Uterus stattgefunden haben mag, oder, vielleicht durch Zug des Schleims der inneren weiblichen Genitalien (?), verhindert wird. Das Mikroscop zeigt die Beimischung des Genitalschleims zu dem Blute.

Die einzelnen Blutarten in den verschiedenen Gefässprovinzen ist an den speciellen Orten in Rede.

### Die Stoffvorgänge im lebenden Blute.

Allgemeines dürfen wir wohl annehmen, dass im Blute, in welchem sich eine grosse Anzahl von Zellen und zellenähnlichen Gebilden findet, in nicht endlicher Weise chemische Lebensvorgänge eintreten mögen.

Wir sind über den Wechselverkehr der Blutkörperchen mit der Blutflüssigkeit wenig erforscht.

Allein müssen wir bei dem Leben der Blutkörperchen an Endosmose denken.

Dass wirklich Diffusion zwischen den Blutkörperchen und der sie umgebenden Flüssigkeit stattfindet, beweisen die Formänderungen, welche wir

beobachten sehen bei Concentrationsschwankungen des Serums. Wir sehen, die physiologischen Verschiedenheiten in der Concentration z. B. durch Nahrungsaufnahme und Muskelbewegung mit Grössenverschiedenheiten der Blutzellen verknüpft sind, als direkter Salz- oder Wasserzusatz zum Blute.

Vieles bleibt aber noch dunkel! Woher rührt es, dass in den normalen Verhältnissen sich die verschiedene Zusammensetzung der anorganischen wie organischen Bestandtheile trotz dem Diffusionsverkehr ungestört erhalten kann? Nimmt es, dass bei gewissen Krankheiten z. B. Cholera die Blutkörper-

chen diese Fähigkeit des Beharrens in ihrer chemischen Konstitution. Wir finden im Cholerablutserum Kalisalze und Phosphorsäure in reichlicher Menge. Auf der Anwesenheit der ersteren beruhen zweifelsohne die Hauptsymptome. BERNARD hat gezeigt, dass schon minimale Mengen von Kalisalzen, die direkt in das Blut gebracht, die normalen Funktionen desselben und damit das Leben des Organismus vernichten. Die Choleraerkrankung rührt von Kalisalzen im Serum her, welche auf das Muskelsystem (J. RANKE), das Herz (TRAUBE) im Anfange erregend und dann ermüdend und lähmend wirken. Bei vielen Krankheiten mag die objektive Ermüdung, die ihnen vorangeführt ist, sie begleitet, primär daher rühren, dass die Blutkörperchen nicht mehr in der Lage sind, ihre Kalisalze in sich festzuhalten.

Bei dem Absterben des Blutes scheint diese Veränderung in den Vorgängen zwischen den geformten und flüssigen Blutbestandtheilen zutreten. Auf sie lässt sich vielleicht zum Theil der (geringe) Kaligehalt des Serum gefunden wird, beziehen. Während des Absterbens bilden sich ebenso Zersetzungsprodukte wie in den übrigen Geweben, auch eine Fibrinbildung steht dabei. Auf ihrer Wirkung wird auch hier die Veränderung in den Fusionsvorgängen beruhen. Unter der Wirkung einer Säure sahen wir, dass die Muskelzelle Stoffe aufnehmen und abgeben, denen sie bei ungestörtem Leben den Eintritt wehrt, oder die sie in sich zurückhält. Mit der Zerstörung der Blutkörperchen bei dem Absterben tritt, wie man vielfach annimmt, ein fäulnisfördernd wirkendes Paraglobulin aus und betheiligt sich an der Zersetzung des Faserstoffs.

PFLÜGER beobachtete, dass nach der Entleerung des Blutes aus dem Organismus der Sauerstoffgehalt desselben abnimmt, während der Kohlensäuregehalt zunimmt. Das Blut enthält sonach Substanzen, die dem Haemoglobin den Sauerstoff abzugeben, ein Vorgang, der im lebenden Blute fortwährend stattfinden muss, und der die Gewebsathmung, die wir unten noch näher kennen lernen werden, ermöglicht. Könnte diese Veränderung des Gasgehaltes des Blutes: Blutathmung genannt werden.

Die bis zur Gerinnung fortschreitenden chemischen Blutveränderungen veranlassen eine nachweisbare Temperaturzunahme im Blut (S. 364). Nach J. MÜLLER schon von älteren Beobachtern: GORDON, THOMSON, ist dies beobachtet worden.

Die allgemeinen Stoffwechseluntersuchungen haben uns gezeigt, dass die Blutkörperchen, zur Oxydation im Organismus zu dienen, durch gewisse im Blut gelöste Stoffe gestört oder gesteigert wird.

Ein grosserer Fettgehalt des Blutes, wie er nach fettreicher Nahrung eintritt, wirkt nachteilig auf die Sauerstoffaufnahme. Ebenso mag vielleicht ein vermehrter Zuckergehalt wirken, da PETTENKÖFER und VOLT die Hypothese aus ihren Versuchen bei Diabetes, bei welchem Zucker im Harn erscheint, die Blutkörperchen wirken als im normalen Verhalten. Bei der Zuckerbarur wird viel Zucker im Harn ausgeschieden. Der Grund der Zuckerausscheidung ist in allen Säften und Organen angetroffen. Der Grund der Zuckerausscheidung ist in dieser räthselhaften Krankheit würde also vielleicht darin zu suchen sein, dass die Blutkörperchen nicht im Stande wären, die im Blute vorhandenen, vielleicht ansehnlichen Zuckermengen zu verbrennen.

Dagegen scheint ein gesteigerter Eiweissgehalt des Blutes nach Fleischkost die Sauerstoffaufnahme des Hämoglobins zu steigern. Vielleicht entsteht dabei



Oxydationsbedingung (Blutkörperchen) wie die Beobachtungen von ANDRAL, GAYARRET u. a. zu ergeben scheinen.

Falls nach älteren Angaben, die sich auf chemische Bestimmung der Blutkörperchen selbst nach Fettgenuss, namentlich nach Leberthran der Gehalt des Blutes an rothen Körperchen steigen (POPP, TH. THOMPSON). Unzulängliche Nahrung und Hunger setzen dagegen herab wie auch die Zählungsmethode von VIERORDT beweist. Dieselbe Wirkung wiederholte Blutentziehungen. Bei fetten Thieren hat die absolut sehr verminderte auch relativ weniger Haemoglobin als bei weniger fetten (J. RANKE).

### Die Entstehung der rothen Blutkörperchen.

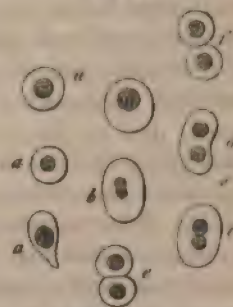
Quellen der Hauptstoffe, die das Blut zusammensetzen, sind uns aus bisherigen Betrachtungen schon bekannt, sie stammen aus den Gewebszellen und dem Darminhalte. Die Lymphdrüsen und Follikel, die das Knochenmark (NEUMANN), vielleicht auch Thymus und Milz mischen ihm die weissen Blutkörperchen bei.

Woher stammen aber die rothen Blutkörperchen?

Die Frage kann für den entstehenden Organismus mit ziemlicher Sicherheit beantwortet werden. Die runden, kernhaltigen Bildungszellen des Embryo, die in der Mitte der anfänglich soliden Gefässanlagen sich befinden und in ihrem Aussehen den übrigen Zellen vollkommen entsprechen, lösen sich unter Einwirkung von Flüssigkeit — Blutplasma — von einander und sind als erste Blutkörperchen zu betrachten. Nach der Ansicht von HIS entstehen sie gruppenweise in Form von Protoplasmakugeln in den Wandungen der Gefässe und brechen später auseinander. Sie füllen sich mit Blutroth, behalten aber ihre Kerne bei, werden durch Aufhellung ihres Inhaltes noch deutlicher werden. Sie sind nicht abgeplattet wie die späteren rothen Blutkörperchen und ziemlich gross. Diese Zellen vermehren sich anfänglich durch Theilung. Sie werden bald etwas abgeplattet wie die Blutkörperchen des Frosches, es entstehen bald zwei oder selbst mehrere Kerne, um die sich die Membran dann abschnürt (Fig. 98) (REMAK, 1891).

Während der Entwicklung der Leber hört nach E. H. REISSNER und KÖLLIKER dieser Bildungsmodus der Blutkörperchen auf, dann scheint die Leber der eigentliche Herd der Blutkörperchen zu sein. Am wahrscheinlichsten von der Milz aus werden dem Blute farberhaltige Zellen — weisse Blutkörperchen — zugeführt, welche, indem sie die Leber durchsetzen, absterben, ihr körniges Aussehen verlieren und zu kernhaltigen Blutkörperchen werden. Diese kernhaltigen, runden Blutkörperchen sind es, aus denen in dem späteren Embryonalleben die kernlosen, biconcaven Blutkörperchen entstehen. KÖLLIKER sah den Kern in vielen Blutzellen klein, mit Neigung zum polaren Zerfall, endlich schwindet er ganz. Anfänglich machen die biconcaven noch die Minderzahl der rothen Körperchen aus. In der ersten Woche des Embryonallebens fehlen sie noch ganz; bei einem dreimonat-

Fig. 98.



Blutkörperchen junger Hirschembryonen; bei a die meist kugligen Zellen; b-f Theilungsprocess derselben.

lichen menschlichen Embryo betragen sie im Leberblute  $\frac{1}{4}$ , in der Blute  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$  der Gesamtmenge der Blutkörperchen.

Auch im erwachsenen Organismus gehen die rothen Blutkörperchen in weissen Blutkörperchen hervor. Vielleicht kann dieser Uebergang in der Blute stattfinden, am deutlichsten gelingt der Nachweis desselben aber in der Blute der Milz, in der Leber und im Knochenmark (E. NEUMANN). Zahlreiche Zwischenstufen zwischen rothen und weissen Blutkörperchen sind bekannt. Das Haemoglobin soll nach FUNKE in den neuentstandenen rothen Blutkörperchen besonders leicht krystallisiren, über seine Entstehung hat man noch keine chemischen Beobachtungen (cf. Milz, Knochenmark etc.). Bei Leukämie finden sich überall in der Blutbahn neben ziemlich normal gebauten rothen Blutkörperchen (die letzteren sind ungemein vermehrt und geben der Blute die weissröthliche Färbung, welche der Krankheit den Namen gegeben hat) eine nicht unbedeutende Zahl von Uebergängen farblose, kernhaltige Zellen. ERB fand ähnliche Uebergangsformen im künstlichen Blutverlusten, KÖLLIKER im Blut säugender Mäuse. In der Leber hat VON RECKLINGHAUSEN im mehrere Tage schon aus der Ader entleerte Thierblute aus kleinen, ovalen Uebergangszellen unter Zutritt von Sauerstoff Bildung von rothen Körperchen wahrgenommen.

**Untergang der rothen Blutkörperchen.** Man hat den rothen Blutkörperchen eine sehr lange Lebensdauer zuschreiben wollen. Es ist jedoch leicht erweisbar, dass sich unter Umständen auch sehr grosse Mengen rother Blutkörperchen in kurzer Zeit neu bilden können, z. B. nach starken Blutverlusten, nach denen sich die Blutmenge bald wieder ergänzt zeigt, andererseits findet man in der Milz und Leber stets einen massenhaften Zerfall von rothen Blutkörperchen stattzufinden. Bei der Besprechung der Gallenwirkung wurde erwähnt, dass die Galle die rothen Blutkörperchen auflöst, die Bildung des Gallenfarbstoffes der wohl sicher aus dem Blutfarbestoff hervorgeht, spricht direkt für die Zerstörung der rothen Blutkörperchen, ebenso das unten zu besprechende Verhalten der Leukämie. In der Milz ist es auch die Bildung von pigment- und kernhaltigen Zellen, was für einen Untergang der Blutkörperchen spricht. In der Blute geht der Zerfall wohl überall im Blut vor sich. Auch im Knochenmark findet man Bizzozero, was jedoch NEUMANN widerspricht. Man muss sich bei dem Untergang der rothen Blutkörperchen auch an die Beobachtung erinnern, dass sie durch Harnstoff aufgelöst werden, der sich in der Blute in genügender Concentration beimischen wird, um seine Wirksamkeit in deutlicher Weise zu entfalten.

Dass die Milz und die Lymphdrüsen in einer gewissen nahen Beziehung zur Blutbildung stehen, geht daraus hervor, dass die oben genannte Leukämie, mit einer Erkrankung, Vergrösserung der Milz und Lymphdrüsen Hand in Hand geht. NEUMANN hat neuerdings einen solchen Zusammenhang auch für das Knochenmark festgestellt.



## Die Blutdrüsen, die Bildungsstätten der rothen Blutkörperchen.

**Milz.** Man hat die Milz eine Blutdrüse genannt und ihr in Gemein-  
den anderen Drüsen ohne Ausführungsgang, denen man dieselbe Be-  
gab, eine besondere Betheiligung an dem Blutbildungsprocesse, vor-  
an der Bildung oder Zerstörung der rothen Blutkörperchen zugeschrie-  
es ist hier noch dunkel und um so mehr, da es, wie schon PLINUS  
gelingt, Thiere nach Exstirpation der Milz noch lange Zeit am Leben zu  
sodass man diese Operation auch für den Menschen vorzuschlagen ge-  
Es treten dann andere Blutbildungsstätten vikarirend ein.

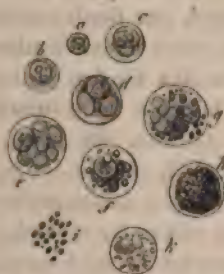
Wichtig ist die Milz unter den Blutdrüsen die wichtigste. Ihr anatomischer  
hört an den Bau der Lymphdrüsen. Sie besitzt eine weisse, feste,  
Hülle, die noch von dem Bauchfelle einen serösen Ueberzug erhält.  
Hülle (Tunica fibrosa) sendet Fortsätze in grosser Zahl in das Innere  
lichen Milzgewebes ab, die sich sehr mannigfaltig verästeln und unter  
zusammenhängen, sodass ein reiches Maschenwerk gebildet wird, oder  
eine sehr bedeutende Anzahl unter einander communicirender Hohlräume  
unregelmässiger Gestalt. Die Faserhülle und die eben beschriebenen  
Trabeculae lienales — bestehen beim Menschen aus Bindegewebe mit  
Fasern. Bei einigen Thieren, besonders bei dem Hunde finden sich  
viele organische Muskelfasern. FREY und MEISSNER fanden sie spärlich  
Menschen. In diesen durch die Balken gebildeten Hohlräumen liegt  
liche Milzgewebe: die Milzpulpe, Pulpa lienis. BILLROTH, FREY,  
haben gelehrt, dass diese Milzpulpe ganz ähnlich gebaut ist wie das  
Drüsengewebe der Lymphdrüsen (S. 374). Es gelang an erhärteten Prä-  
durch Auspinseln ein ungemein feines Netzwerk von unter einander ver-  
meist kernlosen Fasern darzulegen, welches sich als feinste Verzweigung  
zarter werdenden Milzbalken zu erkennen giebt. An einzelnen dieser  
asern lassen sich noch Kerne nachweisen zum Beweise, dass wir es  
mit einem Bindegewebskörperchennetze zu thun haben. Innerhalb  
zes sind nun die Gewebszellen der Milz eingelagert, und zwar sind die  
so klein, dass häufig nur eine einzige, ein ander Mal zwei oder drei Zellen  
solchen Platz finden. Die grosse Anzahl von Blutgefässen der Milz  
s Milzparenchym in ziemlich regelmässige Abschnitte, beim Menschen  
so netzförmig verbundene Gewebsstränge.

Zellen des Milzgewebes sind nach KÖLLIKER rundlich, einkernig,  
0,003—0,005''' in der Grösse schwankend und ganz mit den Zellen  
zu beschreibenden s. g. Milzbläschen übereinstimmend. Neben  
en sich noch einige grössere blasse zellenartige Gebilde und dann sehr  
zu 0,01''' entweder blass oder reichlich mit Körnchen gefüllt: Körn-  
n. Ausser diesen farblosen Zellen kommen in der Milzpulpe stets auch  
ige Blutkörperchen vor entweder von normaler Gestalt und Farbe oder  
tadien des Zerfalles. Sie lagern sich meist zu mehreren zusammen und  
in, wenn sie ganz zerfallen sind, dunkelgefärbte Farbstoff- oder Pig-  
en. Hier und da sieht man Pigmentkörnchen in reichlicher Anzahl in  
geschlossen, sodass diese ganz das Aussehen von Pigmentzellen erhal-  
n. KÖLLIKER und ECKER zeigten, dass auch zellenähnliche Gebilde, die

mit einer Hülle mehrere Blutkörperchen meist mit den Kennzeichen umschliessen, in der Milzpulpe vorkommen: blutkörperchenhaltig. Diese Gebilde haben verschiedene Deutung erfahren, vielleicht Gerinnsel, welche die zerfallenden Körperchen einschliessen, und die von Zellmembranen machen (Fig. 99), PREYER hält sie für amöboide Blutkörperchen eingeschluckt haben, ganz so wie sie sonst Pigment sich einziehen (cf. oben S. 406) können.

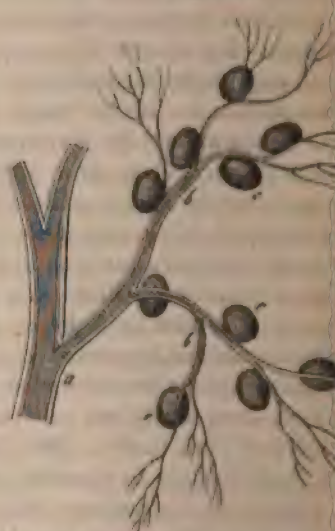
In die rothe Milzpulpe finden sich, bei Gesunden leicht aufzufinde, weisse, rundliche Körperchen eingelagert: Milzkörperchen, bläschen, MALPIGHI'sche Bläschen, *Corpuscula Malpighii*. unbewaffnetem Auge sichtbar und haben im Durchschnitt eine Grösse. Sie stehen in einer nahen Beziehung zu den feinsten Arterienzweigen sie in sehr grosser Anzahl wie Beeren ansitzen (Fig. 100). Sie haben einen Bau mit den einfachsten Lymphdrüsen, den Follikeln (GERLACH). Sie besitzen keine sie vollkommen von der Umgebung abtrennende Membran. Die Fasern des feinen Balkennetzes, in denen sie sich eingelagert

Fig. 99.



Zellen aus der Milzpulpa des Menschen, Ochsen u. Pferdes. *a-d* Vom Menschen. *a* Freier Kern; *b* gewöhnliche Zelle (Lymphkörperchen); *c* gekernte Zelle mit einem Blutkörperchen (?) im Innern; *d* mit zweien; *e* solche mit mehreren Blutkörperchen vom Ochsen; *f* eine Zelle desselben Thieres mit fettartigen Körnchen. *g-k* Vom Pferde. *g* Eine Zelle mit mehreren frischen Blutkörperchen und den Körnchen letzterer Figur; *h* Zelle mit einem Körnerhaufen; *i* derselbe frei; *k* Zelle mit farblosen kleinen Molekülen.

Fig. 100.



Aus der Milz des Schweines. Ein Arterienast *a* umhüllt, mit seinen Zweigen *b* und den umflossenen Körperchen.

flechten sich nur dichter und inniger an ihrer Oberfläche, doch so, dass keine Gewebslücken übrig bleiben. — Die Adventitia, die Bindegewebe der Arterien, zieht sich über die an die Arterien gehefteten Milzbläschen, diese als eine Verdickung der Adventitia erscheinen, in welche reife Elemente eingelagert sind. Die Zellen sind mit denen in anderen Lymphdrüsen ganz identisch, sie sind rundlich, körnig, meist mit einem Kern, eingebettet in eine eiweissartige, in der Hitze gerinnende reagirende Flüssigkeit. Schon geringe Einwirkungen zerstören die Zellen, dann neben ihnen eine grosse Anzahl freier Kerne sich findet, die in



fehlen. In den Bläschen findet sich auch wie in den Follikeln der Nieren ein zartes Kapillarnetz.

Blutgefässe bilden einen Haupttheil der Milzpulpe. Die Arterien verlaufen sehr fein, bekommen die beschriebenen beerenförmigen Anhängeläschen und lösen sich endlich in Büschel feinsten Aestchen, die sogenannten Penicilli, auf, welche dann in eigentliche Kapillaren übergehen. Die Arterienkapillaren gehen in diese weiteren Venenkapillaren nach überall direkt über (BILLROTH, KÖLLIKER u. A.). Man nahm dagegen an, neuerdings wird das Gleiche wieder gelehrt (W. MÜLLER), dass die Blutbahn analog in offener Verbindung mit dem zellenhaltigen Milzgewebe wie die Lymphgefässe mit dem Lymphdrüsengewebe, sodass das aus den Venen zugeführte Blut durch das Milzgewebe sickern müsste, um sich in den Venen mit den Zellen der Milz — weissen Blutkörperchen — beladen zu sammeln, ähnlich wie bei den Lymphdrüsen der Inhalt der Vasa afferentia in die Vasa efferentia hinein gelangt.

Die Milz ist also das Milzgewebe aus sehr mannigfaltigen Elementen zusammengefasst. Die immer feiner werdenden Milzbalken, die netzförmigen Züge der Milzpulpe, die reichlichen Gefäss- besonders Venennetze durchziehen, sind in ganz ähnlich mannigfacher Weise, wie wir das bei den Elementen gefunden haben. Im Allgemeinen lässt sich die Aehnlichkeit des Baues mit den Lymphdrüsen nicht verkennen (LEYDIG, S. 373).

Die Lymphgefässe der Milz sind von TOMSA untersucht. Man unterscheidet hier oberflächliche und tiefe. Erstere senden von einem dichten Netze der Kapsel aus Stämme in die Trabekeln, um mit den tiefen, die mit den Arterien eindringen, zu anastomosiren. Die Nerven, welche die Milz innerviren, erhält, zeichnen sich durch ihren Reichthum an marklosen (RENAULT) Nerven aus. Sie verlaufen mit den Arterien. W. MÜLLER und SCHWEIGGER beschreiben ellipsoidische Körper mit einem centralen Kapillargefäss als Milzorgane.

W. MÜLLER zeigt die Milzkapillaren in der Regel den Bau ausgebildeter Kapillaren. Bisweilen sind sie von unverschmolzenen protoplasmareichen Zellen aufgebaut (MÜLLER-SEIDEL'S Uebergangsgefässe). Endlich wird ihre Kontinuität unterbrochen, indem die Gefässwandung in schmale, den Zellen anliegende Streifen sich sondert und in das Milzgewebe der Pulpa übergeht. Durch die so entstandenen Lücken strömt das Blut in die Lücken- und Fasernetzen der Pulpa umflossenen Hohlräume, die intermediären Blutgefässe. Aus letzteren sammelt sich das Blut in den Venenanhängen, die als siebformig beschriebene, lediglich von lymphkörperchenartigen Zellen begrenzte Hohlräume beginnen.

**Blutkörperchen des Milzvenenblutes.** Im Milzvenenblute hat FUNKE Modificationen der Eigenschaften der rothen Blutkörperchen entdeckt, welche er als Beweis für die Anschauung nimmt, dass in der Milz nicht nur eine grosse Anzahl rother Blutkörperchen zu Grunde gehen, sondern dass auch beim Erwachsenen die Milz ein Herd der Neubildung rother Blutkörperchen sei. Auch hier muss man den Uebergang farbloser Zellen in gefärbte annehmen zu müssen. Sicherlich ist im Milzvenenblute eine sehr viel grössere relative Menge von weissen Blutkörperchen vorkommen als in anderen Blutarten. HART fand hier auf 70 rothe

ein farbloses Blutkörperchen. Die rothen Blutkörperchen selbst weniger abgeplattet, durch Wasser weit weniger leicht zerstört. Blutzellen, auch sollen sich keine »Geldrollen« beim Senken bilden. Ansicht deuten alle diese Eigenschaften darauf, dass diese eigenthümlichen Körperchen des Milzvenenblutes sich noch im Jugendzustand befinden. Weiter behauptet er, in der Milzpulpe auch erwachsener Individuen Uebergangsstufen von weissen in rothe Blutkörperchen nachzuweisen. Auch KÖLLIKER fand hier bei neugeborenen und säugenden Thieren ähnliche gelbliche Zellen, die der Farbe nach von rothen Blutzellen unterschieden sind, und die er unbedingt für sich entwickelnde Blutzellen hält.

**Die chemische Zusammensetzung des Milzgewebes.** — In dem Gewebe der Milz geht ein energischer Stoffwechsel vor sich, wie die grosse Menge von Zersetzungsprodukten Körperbestandtheile, die sich in ihr finden, beweist. Von N-freien Stoffen: Milchsäure, Bernsteinsäure, flüchtige Fettsäuren; von N-haltigen: Sarkin, Leucin, Tyrosin. Auffallend ist der enorme Eisengehalt, der weit grösser ist, als dass er aus einem rostirenden Blutgehalte abgeleitet werden könnte. Daneben findet sich auch sehr viel Natron und wenig Kali. Die chemische Zusammensetzung der Milz eines Mannes fand OIDTMANN:

Wasser . . . . .	75,03
feste Stoffe . . . . .	24,97
davon organische . . .	24,23
,, unorganische . . .	0,74

In 100 Theilen enthielt die Asche:

Kali . . . . .	9,60
Natron . . . . .	44,33
Magnesia . . . . .	0,49
Kalk . . . . .	7,48
Eisenoxyd . . . . .	7,28
Chlor . . . . .	0,54
Phosphorsäure . . . . .	27,40
Schwefelsäure . . . . .	2,34
Manganoxydul . . . . .	0,08

Das Eisenoxyd ist wahrscheinlich (?) in Verbindung mit Phosphorsäure vorhanden; doch gewinnt man es verbunden mit einem Eiweisskörper durch Fällung des wässerigen Milzauszuges mit Essigsäure. Dieser Eisengehalt hat insofern Bedeutung, als er vielleicht mit der Bildung des Haemoglobins zusammenhängt. Nach der vorgetragenen Vermuthung in der Milz die zuerst farblosen Körperchen anfüllen. Es wäre auch denkbar, dass er aus einer Zersetzung hervorginge, dass viele rothe Blutkörperchen in der Milz zu Grunde gehen. Die aus den Körperchen entstehenden Farbstoffablagerungen, die Pigmente der Milz, sind also wichtig.

Die Grösse der Milz ist schwankend nach den verschiedenen Körperindividuen. Alles, was die Blutanfüllung der Unterleibsorgane vermindert, veranlasst eine Vergrösserung in der Milz und damit eine Grössenzunahme derselben hervor. Breite physiologischer Verhältnisse ist das Milzvolum am kleinsten während der Verdauung, wenn alle Verdauungsdrüsen zur Steigerung oder Hervorrufung ihrer Absonderung vermehrte Blutzufuhr erfordern. Sobald sich nach der Verdauung die Blutgefässe wieder verengern, beginnt die Milz sich zu vergrössern. Auch das Blut in der bluteten Drüse nimmt dann zu, GRAY und SCHROCKENFELD fanden es 5–15 mal so viel. Nahrungsaufnahme am bedeutendsten.



sellen auch die mit farblosen Zellen gefüllten Milzbläschen am grössten und am gefüllt sein. Man darf vielleicht dabei an eine Verwendung des reichlicheren Nahrungsmittels, welcher in dem Blute sich findet, das der Milz zu der angegebenen Zeit zufließt, zur gesteigerten Neubildung von weissen Blutzellen und Zellen der Milzbläschen denken. Von der Füllung und die Grösse der Milzbläschen scheint mit Sicherheit in geradem Verhältniss zu stehen zu der Menge des Materiales, das dem Blute in der gleichen Zeit zugeführt wird. Bei Magernden, längere Zeit schlechtgenährten oder kranken Individuen zeigen Milzbläschen viel weniger deutlich als nach reichlicher, nahrhafter Kost.

41. — Ueber den chemischen Stoffverkehr zwischen Milz und Blut ist noch Weniges bekannt. Das Milzvenenblut zeigt einen höheren Fibringehalt als das Blut der Milzarterie. Die Verminderung des Wassergehaltes im Milzvenenblute lässt eine Abgabe fester Stoffe an das Blut vermuthen und deutet vielleicht auf die Zerstörung von Blutkörperchen und Abfuhr ihrer Reste im Milzgewebe. Während der Verdauung, wenn so viele absondernde Stoffe dem Gesamtblute Sauerstoff in gesteigertem Maasse entziehen, findet sich auch der Fibringehalt des Milzvenenblutes kleiner als im nüchternen Zustand (ESTAN und SAINT-PIERRE).

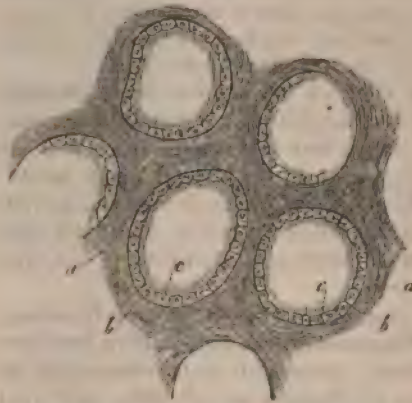
Beobachtungen H. RANKE's setzen die Harnsäurebildung mit der Milz in Beziehung. Die Vermehrung mit Vergrösserung der Milz ist die Harnsäureausscheidung im Harn gesteigert. Die Stoffe, welche die Milz anschwellen machen (Chinin), setzen auch die Harnsäuremenge im Urine ab. Es zeigen sich tägliche Schwankungen der Harnsäureausscheidung, welche mit Verdauungsperioden, die auf die Milz von so entschiedenem Einfluss sind, zusammenhängen. Die Harnsäureausscheidung ist am stärksten in der Zeit nach der Nahrungsaufnahme. Verdauungsstörungen sah LEHMANN mehr Harnsäure im Harn erscheinen. Das zusammengefasst mit der Beobachtung SCHERER's, dass im Milzsaft sich Harnsäure findet, macht wahrscheinlich, dass wir in der Milz eine Hauptstätte der Harnsäurebildung annehmen können.

**Entwickelungsgeschichte.** — Bei allen Wirbelthieren bildet sich die Milz aus einem verlagerten Abschnitt des Peritoneums. Bei dem Menschen entwickelt sie sich im 3. Monat (KÖLLIKER) im Magenkehl, dicht am Magen aus einer Anlage, die dem mittleren Mesenterium (den Mittelplatten) angehört, aus kleinen Zellen. Nach KÖLLIKER treten die weissen Körperchen erst am Ende der Fetalperiode auf, nach W. MÜLLER sind sie schon in der Mitte des Embryonallebens anerkennbar. Nach demselben Autor beginnt die Bildung des Peritoneums durch Vermehrung der Bildungszellen für die Milzentwickelung in derselben Zeit, in welcher das Pankreas die ersten Sprossen aus seiner Anlage erhält.

**Vergleichende Anatomie.** — Eine Milz scheint nicht allen Wirbelthieren zuzukommen. Bei den Anaxoideen und Myxinoideen ist sie nicht nachgewiesen. Sie lagert stets in der Nachbarschaft des Magens, meist am Cardialtheile desselben. Sie erscheint entweder länglich oder rundlich, dunkelrother Farbe, hie und da kommen kleinere Nebennilzen vor, bei manchen Thieren zerfällt sie in eine Anzahl kleinerer Läppchen. Im Allgemeinen ist der Bau der Milz sehr übereinstimmend (LEYDIG, GEGENBAUER u. A.), und zeigt nur in Beziehung auf die Organisation Lymphfollikel bedeutendere Abweichungen. Bei den Schlangen und Reptilien sind dieselben kugelige Lymphzellenhaltige Follikel, nicht mit der Arterienscheide umgeben, sondern von dem Balkengerüste der Milz umschlossen. Hier haben wir also noch die Augen springend eine Zusammensetzung der Milz aus weissgrauen (Lymphdrüsen-) und dunkelrothen (Milz-) Pulpa. Bei der Ringelnatter kann zeitweilig die rothe Pulpa ganz fehlen, die Milz ganz einer gewöhnlichen Lymphdrüse entsprechen. Der Zusammenhang der Milz mit dem Blut wird noch durch die weitere Beobachtung LEYDIG's illustriert, dass es auch andere Lymphdrüsen gibt, welche theilweise oder ganz rothe Pulpa besitzen, wobei sie ein dunkelrothes Aussehen wie die Milz zeigen. Solche Lymphdrüsen, von Bau und Function der Milz analog, finden sich in der Brusthöhle des Schweins nach dem Verlaufe der Arterien und Venen liegend.

**Die Schilddrüse.** Geschlossene Drüsenblaschen,  $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{20}$  gross. Drüsenelemente. Sie werden durch Bindegewebe zu grösseren Drüsen zu Läppchen und Läppen vereinigt. Die Drüsenblaschen haben eine eigene

Fig. 401.



Einige Drüsenblasen aus der Schilddrüse eines Kindes, 250 mal vergr. a Bindegewebe zwischen denselben, b. Hülle der Drüsenblasen, c. Epithel derselben.

brana propria —, welche aus einer Schicht Epithel von vieleckiger Form ausgekleidet ist. Der Hohlraum wird durch eine zähe Flüssigkeit ausgefüllt, die klar und etwas gelblich gefärbt ist. In ziemlicher Menge enthalten. Die Schilddrüse zeigt besonders in so regelmässig pathologische Veränderungen, dass schon daraus hervorgeht, dass sie dann für das Leben nur von geringer Bedeutung sein kann. Die Veränderungen gehören in die Pathologie und Chirurgie, wo die Schilddrüse eine bedeutendere Rolle spielt als bei den anderen Organen, da ihre Vergrösserungen als so häufig die normale Thätigkeit der Ernährungsorgane beeinträchtigt. Die Schilddrüse zeichnet sich durch einen Reichtum an Blut- und Lymphgefässen aus. Letzterem wollte man schliesslich

die Schilddrüse ein Lymphdrüsen-ähnliches Organ sei. Nach FAYR beginnen die Lymphgefässe zwischen den Drüsenbläschen.

**Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie.** — Die Schilddrüse des Hühnchens nach REMAK aus einer sackförmigen Ausstülpung der Schlundwand entsteht, die in zwei runde, hohle Blasen theilt. An der Oberfläche deuten bald die Läppen der fertigen Drüse an, die Epithelialwand treibt solide Sprengschnüren und später hohl werden, ganz in analoger Weise wie sich die Kolliken der Kolliken bilden (KÖLLIKER). Analog scheint die Entwicklung bei Säugethieren zu sein.

Bei dem Menschen erscheint die Schilddrüse aus einem mittleren und zwei seitlichen Läppen zusammengesetzt. Bei Hund, Kalb, Pferd etc. besteht die Drüse aus mehreren Läppen, die von der Trachea getrennt sind. Bei Fischen liegt das Organ am Ende des Kiemenarterienstammes. Bei Amphibien und Vögeln ist es paarig vorhanden.

**Die Thymus** (Fig. 402). Sie besteht aus Läppen und Läppchen, die von einander noch in kleinste Läppchen getrennt, welche aber von den anderen der traubenförmigen Drüsen sich wesentlich unterscheiden: sie sind nicht hohl, sondern solid. Nur die grösseren Läppchen haben meist einen spaltförmigen Hohlraum. Die grösseren Läppchen scheinen im Bau identisch mit den Follikeln des Darms, also wie die Follikeln der Lymphdrüsen. Innerhalb einer bindegewebigen Hülle finden sich in einzelnen Körperchen jene runden, körnigen, kernhaltigen Zellen eingelagert, die man als Thymuszellen kennen kann. Ausserdem finden sich noch grössere grobgranulirte, rundliche kernige Zellen-Gebilde und concentrische blasenartige Gebilde (HASSALL). Zwischen diesen Zellen ebenfalls auch noch Blutgefässe. In diese Läppchen folgen die Lymphgefässe, sodass auch hierin eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit den Lymphdrüsen existirt. Für den erwachsenen Organismus hat die Thymus keine Bedeutung mehr, da sie von der Geburt an stetig abnimmt und endlich ganz verschwindet.

Der Lymphdrüsenähnliche Bau der beiden letztbesprochenen Organe rechtfertigt es, die Milz in eine Klasse zu stellen, wenn wir es auch nur vermuthen können, dass die Thymus in ihrer Funktionierung ihre Thätigkeit mit der der Milz übereinstimmt. Ihre



wird noch dadurch erhöht, dass sich auch ziemlich dieselbe Gruppe von chemischen Umsetzungsprodukten und, wie es scheint, in ähnlich reicher Menge in ihnen vorfindet. Neben analogen Gewebshüdnern: Albumin, Fetten finden sich Thymus (Gorup-Besanez) Leucin, Sarkin, Xanthin, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Milchsäure, Zucker (?) und neben analogen Aschenbestandtheilen thierischer Organe noch Asen. Auch in der Thyreoidea des Ochsen fand sich Leucin, Xanthin, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Bernstein. Der Leucingehalt der letztbesprochenen Drüsen wird interessant, dass sich ein solcher auch in der Flüssigkeit der Drüsen auffinden lässt, was auf eine Analogie in den Stoffvorgängen dieser Organe hindeutet.

**Entwicklungsgeschichte.** — Die Thymus scheint aus dem Keimblatt zu entstehen. Bischoff beschrieb bei 4" langen Embryonen ihre Anlage als zwei zarte, dicht neben einander liegende Streifen, die am Kehlkopf mit der Schilddrüse zusammenzuhängen schienen.

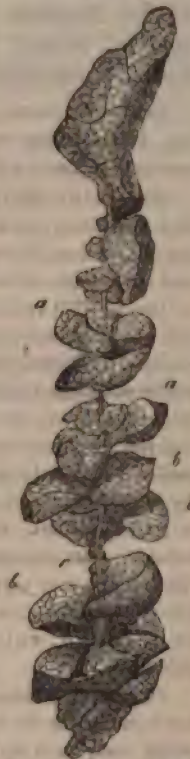
Bedeutung der Nebennieren, des Gehirnanhangs, der Steissdrüse ganz unbekannt.

**Knochenmark.** Das rothe Knochenmark hat als Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen. Beobachtungen von E. NEUMANN und Bizzozero, die eine bisher ungeahnte, wichtige physiologische Thatsache zuertheilt bekommen. Der Marksaft enthält Zwischenformen zwischen weissen und rothen Blutkörperchen.

Der Marksaft entstammt theils dem eigentlichen Gewebe des Knochenmarks, theils den Blutgefässen. Er enthält reichlich zellige Elemente, theils gewöhnliche Blutkörperchen, theils Zellen, die sich von den ersteren durch eine deutlich gelbe Färbung auszeichnen: die gelben Zellen. Sie zeigen schon frisch die Kerne, welche im Gegensatz zu den Lymphkörperchen nicht umhüllt, die Zellsubstanz erscheint homogen. Sie sind etwas grösser als rothe Blutkörperchen. Sehr wichtig ist nun, dass eine geschlossene Kette von Uebergangsformen diese gelben Zellen einerseits mit Lymphkörperchen, andererseits mit den rothen Blutkörperchen verbindet. Diese Zwischenformen constatiren, dass von der Peripherie (NEUMANN) oder von innen (Bizzozero) eine Verwandlung des körnigen Protoplasmas der Blutkörperchen in die homogene gelbe Substanz stattfindet. So entstehen zuerst gelbe Zellen, welche durch eine Reihe gefärbter Formen, welche alle Stadien des Zerfalls des Kerns bis zu seinem Verschwinden zeigen, in rothe Blutkörperchen übergehen. Diese Uebergangsformen entsprechen ganz den embryonalen Entwicklungsstufen der rothen Blutkörperchen, welche sich bei Embryonalen im Knochenmarke, sowie in Milz und Leber, in bedeutender Anzahl befinden.

Die Uebergangsformen befinden sich in den Kapillaren des Knochenmarkes, durch die anatomisch-physikalische Einrichtung die Blutbewegung eine

Fig. 103.



Ein Stückchen der Thymus des Kalbes entfaltet.  
a. Hauptkanal, b. Drüsenläppchen, c. Drüsenkörner vereinzelt am Hauptkanale aufsteigend. Nat. Grösse.

relativ langsame sein muss. Wie die Lymphkörperchen aus den Kapillaren gelangen, ist noch nicht beobachtet. Seitdem wir wissen, dass die weissen Blutkörperchen aus den Gefässen auswandern, steht der Annahme, dass sie auch von aussen in dieselben einströmen (cf. unten), nichts im Wege. Die active Beweglichkeit der Zellen im Knochenmark ist sowohl für Kalt- als Warmblüter nachge-

In dem Knochenmark jeder Alterstufe kommen noch einzelne, grosse (bis 100  $\mu$ ) farblose Zellengebilde vor, von oft bizarrer Form und mit 30—40 Kernen: vielkernige Riesenzellen.

Das gelbe Mark der Röhrenknochen verdankt seine Farbe den Fettsäuren nach BERZELIUS bis zu 96% aus Neutralfetten. Das rothe Mark findet sich in den platten und kurzen Knochen. In einem spärlichen Gerüste sind die zelligen Elemente, die Lymphkörperchen, eingelagert.

Die kapillaren Blutgefässe in dem Knochenmark beschrieb NEUBERGER wie BULLOCH die der Milz. Die feinsten Arterien sollten sich, in dem Mark, erweitern, trichterförmig erweitern, die Venen sollten wieder aus diesen hervorgehen, durch allmähliche fortschreitende Erweiterung hervorgehen. Die Kapillaren sind blinde Sprossen, die ganz an die ersten Anlagen neu sich bildender Gefässe erinnern. Nach neueren Angaben, die sich auf das Verhalten des Knochenmarkes bei einem bestimmten Fall von Leukämie (myelogene Leukämie) beziehen, beschreibt NEUBERGER die feinsten Arterien des Marks aus lose zusammengefügt, langen, fadenförmigen Zellen gebildet. Es fanden sich nur arterielle Gefässe in der auffälligen Substanz: das einströmende Blut ergiesst sich von den Arterienästen aus der reiche Pulpa und vertheilt sich in derselben in regellosen Bahnen, um schliesslich Bestandtheile aus ihr gemischt in die venösen Abfuhrkanäle überzuführen. Die unreifen, rothen Zellen in die Blutbahn gelangen, also ganz aus der Milz (cf. S. 374).

Zu bemerken ist noch, dass die Blutgefässe (Kapillaren und Venen) des Sommerfrösche nach BIZZAZZO auf lange Strecken ganz mit weissen Blutkörperchen gefüllt sind, auch die Markkapillaren junger Kaninchen zeigen sich an weissen Blutkörperchen auffallend reich.

Dr. SALKOWSKI hat Hypoxanthin und Ameisensäure aus dem Markgewebe erhalten. Nach BERZELIUS enthält das rothe Markgewebe in der Dripole 75,5% Wasser, 1% Fett, 1% Proteinstoffe und Salzen, aber nur Spuren von Fett.

**Diapedesis, Austritt von Blutkörperchen aus den unverletzten Gefässwandungen.** — Hier, wo von Entstehung und Untergang der Blutkörperchen die Beobachtungen CONSUMM'S ihre Stelle finden, welche uns lehren, dass die weissen Blutkörperchen als farblose Blutkörperchen, zunächst wenigstens unter krankhaften oder abnormen Verhältnissen aus den Blutgefässen, indem sie die Wand derselben durchsetzen, hervorgehen können. Steigerte CONSUMM durch Abschluss der venösen Blutbewegung den Druck, so sah er zunächst das Plasma, dann aber auch die zusammengedrückten, wie eine (halb-) flüssige Masse ausgepresst werden und dann ihre Gestalt annehmen. Bei Entzündungsprocessen verlassen die weissen Blutkörperchen die Gefässe, in deren Randschichte des Blutes sie sich angehäuft, unter amöboider Form die Wand durchsetzend. Frei erscheinen sie dann als Eiterkörperchen. Man weiss auch einige rothe die Gefässwand verlassen, was man durch Salzlösungen auf nackte Gefässe in reichlicherem Maasse erzeugen kann (Pflüger). Man denkt bei der Auswanderung der weissen Körperchen zunächst an Fittchen. Auch an grössere vorgebildete Gefässöffnungen: Stomata hat man gedacht, die Wandungen der Milz- und Markgefässe zu erinnern, die aus lose aneinanderhängenden Zellen gebildet sein sollen (cf. oben).



**Bildung der Leber an der Bildung der rothen Blutkörperchen.** Im Lebervenen-  
 a sich eben solche rothe jugendliche Blutkörperchen, wie sie FUNKE im Milz-  
 beschreibt. Vielleicht gelangen sie in die Leber von der Milz aus. Bemerkens-  
 e, dass wir in der Leber wie in der Milz neben diesen Zeichen einer Blutkörper-  
 bildung noch weit sicherer einen Zerfall derselben nachweisen können. Wie in  
 die Pigmentanhäufungen, die blutkörperchenhaltigen Zellen auf einen Zerfall  
 lassen, so muss, wie schon oben angeführt, der massenhaft in den Leberzellen  
 Galleforbstoff, der nach den chemischen Untersuchungen zweifelsohne ein Ab-  
 des Blutfarbestoffs ist, in uns die Vorstellung erwecken, dass hier ein massen-  
 fall von Blutkörperchen stattfindet, der dann für die Galle den Farbstoff liefert.  
 ahme, dass in der Leber Blutzellen zu Grunde gehen, wird durch die Beobachtung  
 itzt und wahrscheinlicher gemacht, dass durch die Galle Blutkörperchen aufgelöst,  
 erden, wovon W. KÜHNKE künstlich zur Erzeugung des krystallisirbaren Blutfar-  
 sinreiche Anwendung gemacht hat.

man fand einen Unterschied in der Gerinnung zwischen Pfortader- und Leber-  
 ut. Letzteres sollte nicht oder nur sehr wenig gerinnen, BROWN-SÉQUARD fand  
 erschied nur dann, wenn die Leber Galle secernirte. Nach KÜHNKE tritt die Ge-  
 lts, aber immer nur langsam ein, wie bei allem sehr dunklen, kohlensäurereichen  
 stoffarmen Blute. Das Lebervenenblut nach LEHMANN ist um 8—9% ärmer an festen  
 ie das Pfortaderblut, was vor allem auf einer Zunahme in den festen Bestandtheilen  
 n Blutkörperchen zu beruhen scheint, da die Unterschiede zwischen dem Wasser-  
 s Serums nur 2—3% betragen. In 100 Theilen des festen Rückstands war enthalten

	Pfortader:	Lebervene:
Fett . . .	3,4	2,4 (Pferd.)
	5,0	3,0 (Hund.)
Zucker . .	0,04 — 0,05	0,63 — 0,89 (Pferd.)
		0,7 — 0,8 (Hund.)
Eisen . .	0,243 — 0,164	0,440 — 0,442 (Pferd.)

### Die Gesamtblutmenge.

Gesamtblutmenge beträgt nach den Bestimmungen von BISCHOFF  
 WELCKER'schen Methode bei gesunden lebenden erwachsenen Männern  
 (eten)  $\frac{1}{13} = 7,7\%$  des Gesamtkörpergewichts. Man pflegt hier ge-  
 auch die Bestimmungen WELCKER's über den Blutgehalt des Neugebore-  
 führen, obwohl diese an todt en Individuen angestellt wurden, sie er-  
 $\frac{1}{19} = 5,2\%$  des Körpergewichts.

er die Veränderung der Blutmengen je nach dem verschiedenen  
 schen oder pathologischen Körperzustande, die für den Arzt von der aller-  
 tendsten Bedeutung sein würden, sind noch wenig Untersuchungen an-  
 orden. Ueber den letzteren Punkt haben wir nichts weiter als die Beob-  
 i extremer Fälle von Seiten der Aerzte, welche gewisse Kennzeichen der  
 und Anämie aufgestellt haben. Versuche an Thieren haben mir u. A.  
 dass jüngere, kleinere Thiere derselben Thierspecies wie einen relativ  
 Stoffwechsel, so auch eine relativ grössere Blutmenge als ausgewachsene

Es nimmt die Blutmenge, und damit der Stoffwechsel, von dem Jugend-  
 an, d. h. mit steigendem Körpergewichte relativ ab. Dass aber diese  
 nach der Geburt zunächst eine Zunahme der Gesamtblutmenge vor-  
 scheint nach den citirten Beobachtungen WELCKER's für den Neu-

geborenen wahrscheinlich. Auch PANUM fand öfters die relative Blutmenge geborener Hunde geringer als die erwachsener.

Sehr fette, gemästete Individuen haben die relativ geringe Menge (J. RANKE). Die Blutmenge sowie der Stoffwechsel solcher Individuen damit ihr Nahrungsbedürfniss zeigen sich absolut geringer als bei nicht von sonst ähnlicher Körperkonstitution. Da bei dem weiblichen Geschlecht Fettansatz meist ein bedeutenderer ist als bei dem männlichen, so wird entsprechend im Allgemeinen bei dem weiblichen Geschlechte die Blutmenge sein als bei dem männlichen.

Gewisse Einflüsse setzen die Blutmenge herab. Ich konnte eine Verminderung der Blutmenge durch starke Muskelleistung nachweisen. Thiere haben gewiss einen analogen Erfolg. Man muss sich hierbei erinnern, dass eine Verminderung der Blutmenge auch in der Art eintreten kann, dass die Blutkörperchen, das Haemoglobin oder im Allgemeinen die festen Stoffe abnehmen, die Gesamtquantität des flüssigen Blutes könnte dabei gleich bleiben. Alle Körperzustände, welche den Körper fleischreicher machen, vermehren scheinlich seinen Blutgehalt; Fleischnahrung scheint nach den Beobachtungen über Ernährung (VOIR) auch die Menge der Blutkörperchen des Blutes zu vermehren. Muskulöse Thiere haben relativ mehr Haemoglobin im Blute als weniger muskulöse. An den krankhaften Veränderungen in der Zusammensetzung der Gewebe nimmt auch das Blut Antheil; nach den Beobachtungen von SCHOTTIN und J. RANKE steht der Wassergehalt des Blutes in einem bestimmten Verhältniss zum Wassergehalt der Gewebe, je wasserhaltiger letztere, desto höher dieser. Krankheiten, Marasmus machen das Blut und die Gewebe dünn, sodass sie dadurch indirekt die Blutmenge vermindern.

Nach grösseren Blutverlusten stellt sich die Blutmenge sehr rasch wieder her, indem zunächst unter dem verminderten Blutdruck die Absonderung der Galle, Harn (J. RANKE u. A.) stillsteht, und das Blut mehr flüssigkeitsreiche Gewebssäften aufnimmt. Durch Blutverluste wird auch der Durst gesteigert, auch eine vermehrte Flüssigkeitsmenge dem Blute zuzuführen nöthig. Nachhängt der Durst nach sehr anstrengenden Allgemeinkrämpfen auch mit diesen nachgewiesenermassen gesetzte Verminderung der Blutmenge zu.

Nach PANUM nimmt bei fortgesetztem Hunger die Blutmenge etwa im selben Verhältniss ab, wie das Gesamtkörpergewicht, die procentuelle Zahl der Blutkörperchen und des Haemoglobins wird dabei meist nicht merklich verändert (VALENTIN, PANUM).

Da der Erwachsene  $\frac{1}{15}$  seines Körpergewichts an Blut enthält, so beträgt es bei 130 Pfd. Körpergewicht 10 Pfd.

Den Einfluss des Körpergewichts auf die Blutmenge bei Kaninchen ergibt folgende Tabelle nach unseren Untersuchungen:

Kaninchen		Blutmenge in	
		Grammen:	Procenten:
Reingewicht unter	300 Gramm . . .	48,9	7,4 $\frac{6}{10}$
„ „	700 „ . . .	34,3	6,0 $\frac{6}{10}$
Magere Thiere bis	1300 „ . . .	69,72	5,5 $\frac{0}{10}$
Fette „	über 4400 „ . . .	48,48	3,2 $\frac{0}{10}$

Die Blutverminderung bei stärkerem Fettansatz ist ganz enorm und, wie man sieht, eine absolute, hier von etwa 70 Gramm auf 48, d. h. um mehr als 30 $\frac{0}{10}$ .



Ein Arzt bringt die Erkenntniss des geringen Blutgehaltes fetter Organismen eine für die mannigfachen Erfahrungen, dass fettreiche Körper eine geringere Energie thätigkeiten und Widerstandskraft gegen aussere störende Einflüsse entwickeln. (dem Blute solcher Patienten, wie es ihm die praktische Beobachtung schon bisher, möglichst sparsam verfahren, er wird daran denken, auch in Krankheiten sparsam ihre Blutmenge und damit die Energie ihrer Körperfunktionen zu steigern. Man erinnere hier noch einmal daran, dass nach unseren Beobachtungen die Grösse des Blutes in direktem Verhältniss zur Blutmenge steht. Was in dieser Beziehung im Allgemeinen gilt, gilt auch für jedes einzelne Körperorgan (cf. folgenden §.).

Ergebnisse, die wir in Uebereinstimmung mit anderen Forschern über den Blutgehalt verschiedener Thiere gefunden haben, sind folgende:

Hunde . . . . .	6,70/0	d. h. 1:14,7
Frosche . . . . .	6,50/0	„ 1:15,6
Meerschweinchen . . . . .	5,80/0	„ 1:17,4
Kaninchen . . . . .	5,40/0	„ 1:18,0
Katzen . . . . .	4,70/0	„ 1:21,4

Fortgesetzte, übermässig gesteigerte Muskelaktion (Tetanus) wird die Blutmenge nach unseren Versuchen bei Froschen primär um

26 0/0 vermindert.

Wir weisen vergleichende Beobachtungen an Organismen, die von ihrer Muskulatur in der That verschieden starke Leistungen verlangen, den weiteren Satz:

Ernährung an gesteigerte Muskularbeit, mit der sich der Organismus in's Einklang zu setzen vermochte, steigert die Gesamtblutmenge, während Muskelruhe setzt dagegen die Gesamtblutmenge herab.

(Das Blut von Fleischfressern (Hunden) ist im Ganzen konzentrierter als das von Nagethieren).

Starke Ernährungsstörungen vermindern die festen Blutstoffe um die Hälfte, Fieber, wie es vom Tetanus erwiesen ist (J. Ranke), die festen Blutstoffe zunächst zu

### Die Blutvertheilung.

Die Anzahl und der Weite der Blutgefässe, welche in die Organe einströmen, ist in derselben zu Kapillaren auflösen, ist der Blutgehalt der verschiedenen Theile des animalen Organismus ein sehr verschiedener. Dazu kommt noch, dass die Blutmenge, welche ein Körpertheil in der Zeiteinheit erhält, ausserdem von der Stromgeschwindigkeit in den Blutgefässen abhängt. Die Weite der Gefässe und die Blutgeschwindigkeit wechseln nun aber unter dem Einfluss des Lebens, den wir weiter unten besprechen werden. Weiter ist die Blutmenge noch abhängig von der Entfernung der betreffenden Gefässpartie vom Herzen, von den physikalischen Momenten der Stromverzweigung etc. Namentlich unter dem Einfluss der wechselnden Innervation der Gefässe wird die Blutvertheilung im Organismus eine sehr schwankende.

Da, dass man bei todtten, gefrorenen Thieren die Organe ohne Blutverlust trennen und ihren Blutgehalt bestimmt (nach der Welcker'schen Methode), kann man die Blutvertheilung im todtten Thiere untersuchen. In einzelnen Gliedern und Organen durch gleichzeitige Unterbindung der zuführenden und abführenden Gefässe das Blut zurückhält, kann man nach dem Vertheilung der betreffenden Körpertheile auch bei dem lebenden Thiere die Blutvertheilung studiren.

Bei derartigen Versuchen an lebenden Thieren kann z. B. eine Leber mit all dem in ihr enthaltenen Blute vom Körper abgetrennt werden. Sie wird vorzüglich aus Haut, Muskeln, Nerven, Knochen, wir können diese Bestandtheile des Bewegungsapparates zusammenfassen. Wir kennen das bekannte Gewicht und dem bestimmten Blutgehalt des abgetrennten «Bewegungsapparates» können wir annähernd auf den Gesamtblutgehalt des gesamten Bewegungsapparates rechnen, dessen Gewicht leicht zu bestimmen ist. Ist die Gesamtblutmenge bekannt, so kann man daraus weiter annähernd bestimmen, wie viel Blut in den übrigen, nicht dem Bewegungsapparat angehörenden Körpertheilen: «Drüsenapparat und Blutleitungsapparat» enthalten.

Bei ruhenden, lebenden erwachsenen Kaninchen ist das Blut in den grossen Kreislaufsorganen, in der Leber, in den ruhenden Muskeln, in den übrigen Organen je  $\frac{1}{4}$  der Gesamtblutmenge enthalten (J. RANKE).

Die Bewegungsorgane junger Thiere enthalten relativ mehr Blut als die Organe der Erwachsenen. Die Thiere, welche eine relativ stärkere Muskelleistung in der Einheit verrichten (Hunde), haben auch ruhend mehr Blut in den Bewegungsorganen als relativ trägere (Katzen, Kaninchen).

Sehr auffallend sind die Veränderungen der Blutvertheilung durch die Thätigkeit einer oder der anderen Organgruppe. Zu allen den Organen strömt in Folge der Nerveneinwirkung mehr Blut zu, und der Blutstrom durch dieselbe wird beschleunigt. Während der Bewegung bei geruhten, ruhenden Kaninchen im Mittel nur 36,6% der Gesamtblutmenge enthält, sah ich den Blutgehalt derselben bei Muskelthätigkeit bis auf 41,6% ansteigen. Auch nach Sistirung der Muskularbeit bleibt diese Steigerung der Blutmenge noch einige Zeit bestehen: so erhebt sich der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates bei Fröschen durch fortgesetzte Muskelkrämpfe um 10%. Bei gesteigerter Thätigkeit der Drüsenapparate, z. B. in der Verdauung, wird dem Bewegungsapparat Blut entzogen, das den stärker arbeitenden Drüsen und Schleimhäuten in gesteigerter Menge zuströmt.

Da auf der Menge des dem Organe zukommenden Blutes c. p. die Geschwindigkeit des Organstoffwechsels beruht, so muss nach dem Gesagten der Stoffwechsel in den Organen zu- und abnehmen, je nachdem es stärker oder weniger stark ist. Indem die thätigen Organe den zu derselben Zeit ruhenden Organen damit die Stoffwechselgrundbedingungen relativ entziehen, so ist bei der Steigerung des Stoffwechselvorganges bei der Thätigkeit eines Organes der Stoffwechsel in der übrigen Organgruppe gleichzeitig in den ruhenden Organen der Stoffwechsel um eine entsprechende Grösse vermindert. Man bezeichnet diese Abwechselung in der Funktionirung, die zunächst auf der wechselnden Blutvertheilung beruht, als Thätigkeitswechsel oder Funktionswechsel der Organe.

Folgende kleine Tabelle gibt uns Mittelzahlen über die Blutvertheilung im Bewegungsapparat und im Drüsen- und Blutleitungsapparat bei verschiedenen Thieren während des Lebens (J. RANKE).

	Hund	Kaninchen	Katze
Gesamtblutmenge in Procenten des Körpergewichts	6,7%	3,1%	4,0%
Blutmenge im Bewegungsapparat			
a) in Procenten der Gesamtblutmenge	41,6%	36,6%	29,0%
b) in Procenten des Körpergewichts	2,8%	1,1%	1,2%



Hund: Kaninchen: Katze: Frosch:

## Drüsen- und Blutleitungsappa-

ten der Gesamtblutmenge . . . . . 59,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 63,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 74,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 69,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  
 ten des Organgewichts . . . . . 24,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 48,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 47,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 27,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  
 then, die ich möglichst rasch und krampflos getödtet hatte und dann, erst  
 worden, gefrieren liess, zeigte sich die Blutvertheilung von der im Zustande  
 brend des Lebens nicht wesentlich verschieden. Bei solchen todtten Thieren  
 utgehalt einer Anzahl von Organen gesondert bestimmt werden, die sich bei den  
 eren der Bestimmung entzogen. In folgender Tabelle stehen die gefundenen  
 bei lebenden und todtten Thieren:

	lebendes Kaninchen:	todtenstarres Kaninchen:
lutmenge in Procenten des Körpergewichts	5, 4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	—
n Bewegungsapparat . . . . .	36, 6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	39,78 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
haut . . . . .	—	2,40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Knochen . . . . .	—	8,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Muskeln . . . . .	—	29,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
enmark und Gehirn mit den Häuten . . . . .	—	4,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
n Drüsen- und Blutleitungsapparate	63,04 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	60,22 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Leber . . . . .	24,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	29, 3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Nieren . . . . .	1,93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Milz . . . . .	—	0,23 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Gedärmen mit Geschlechtsorganen . . . . .	—	6,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
z, Lunge und den grossen Gefässen . . . . .	—	22,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

menge vertheilt sich sonach bei dem Kaninchen in folgender Weise im Körper,  
 on dem blutärmsten Organe an aufsteigen:

	Blutgehalt in Procenten der Gesamtblutmenge:	in Procenten des Organgewichts:
und Rückenmark . . . . .	0,23 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	42,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	4,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,52 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	4,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11,86 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	2,40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,07 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	6,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,46 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	8,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
ungen und grosse Blutgefässe	22,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	63,44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Muskeln . . . . .	29,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
. . . . .	29,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	28,74 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

und hygienische Bemerkungen. — Schon die älteren Physiologen z. B. MAGENDIE  
 bachtet, dass, wenn die Organe willkürlich oder unwillkürlich thätig sind, sie  
 e Blutmenge erhalten. Wenn ihre Thätigkeit vorherrschend wird, so nehmen  
 , die zu ihnen gelangen, bedeutend an Umfang zu, wenn dagegen die Thätigkeit  
 er ganz aufhört, so werden die Arterien kleiner und lassen nur noch eine kleine  
 zu den Organen gelangen. Diese Erscheinungen sind nach MAGENDIE deutlich an  
 e, der Blutlauf wird in ihnen schneller, wenn sie sich zusammenziehen; wenn  
 zusammenziehen, nehmen ihre Arterien an Umfang zu; wenn sie gelähmt sind,  
 in ihnen die Arterien sehr klein und der Puls ist in ihnen kaum mehr fühlbar,  
 derung des Blutstroms durch das thätige Organ im Sinne einer Steigerung der  
 gleichzeitig durch Beschleunigung des Blutlaufs und Erweiterung der Gefäss-  
 o durch Vermehrung des im Organ gleichzeitig enthaltenen absoluten Blutquan-  
 vor längerer Zeit die Versuche CL. BERNARD's an den Speicheldrüsen und neuer-  
 ersuche LEDWIG's mit SKELKOW und SADLER an den Muskeln bestätigt. Schon

äusserlich sehen wir daher das Volum der Glieder des Menschen bei Muskelarbeit. Was für die Muskeln und Speicheldrüsen gilt, behält seine Geltung auch für die Organe des Unterleibs, auch sie erhalten während ihrer Thätigkeit eine reichliche Zufuhr. Wir sehen bei Thieren, die in der Verdauung getödtet wurden, den gestationsapparat reichlich mit Blut gefüllt, geröthet, während die gleichen Organe im Ruhezustand erscheinen. Die Magen- und Darmschleimhaut, das Pankreas zeigen diese Vergrösserung und Blutgehalt auf das deutlichste. Den Aerzten ist bekannt (FRENCH), dass bei der Leber eine vorübergehende, nicht unbedeutende Volumszunahme erfährt, die Sache nach primär auf einer reichlichen Anfüllung ihrer Gefässe mit Blut beruht.

Wenn die Gesamtblutmenge eines Organismus eine annähernd gleichbleibende erhalten, die übrigen Organe z. B. des Verdauungsapparates entsprechend wenig, so erhält die Muskelerregung den Muskeln eine gesteigerte Blutmenge zuführt. Darauf beruht der allen Aerzten bekannte Einfluss, welchen die Muskelbewegung auf Congestionen z. B. des Intestinaldrüsenapparates ausübt. FRENCH sagt z. B., dass es meistens gelingt, mittelst aktiver Bewegung in freier Luft, Reiten etc., Hyperämien zu mässigen oder zu heben. Die Thätigkeit der Muskeln entzieht dem Drüsenapparat Theil des Blutes und hebt dadurch seine überreichliche Blutfülle, darauf beruht der grosse hygienische Einfluss, den die aktive und passive Muskelbewegung ausüben, Fusswanderung etc. ausübt. Umgekehrt sehen wir bei der Verdauung die Muskeln von Blut strotzen, es muss das anderen Organen, vor allem dem Bewegungsapparat, entzogen werden. So erklärt sich die allgemeine Erfahrung, dass die Fähigkeit der Verdauung während der Verdauung herabgesetzt ist. Der Muskel enthält während der Verdauung weniger Blut als sonst während seines Ruhezustandes, es steht ihm Material zur Kräfteerzeugung durch Stoffumsatz in geringerer Quantität zu Gebote, entsprechend Congestionen und Hyperämien einzelner Organe und Körpertheile und Blutarmuth an anderen Orten.

Schon oben wurde erwähnt, dass Blutarmuth z. B. durch Blutverluste die Verdauung herabsetzt; schon nach verhältnissmässig kleineren Blutverlusten, bei denen die Muskeln und Nerven noch wenig alterirt war, sah ich die Ausscheidung von Harn sistiren. Muskelaktion, die dem Drüsenapparat Blut entzieht, sah ich die Harnausscheidung beträchtlich herabsetzen. Bei der Harnausscheidung folgte eine Verminderung nach dem Aufhören der Muskelaktion eine Steigerung. Bluthaltige Muskeln sind im Stande eine grössere Gesamtarbeit zu leisten als weniger bluthaltige. Aus diesen Bemerkungen mag die hohe physiologische und pathologische Wichtigkeit der Regulirung der Blutvertheilung einleuchten.

### Die Blutmengenbestimmung und Transfussion.

Von der Färbekraft des in den Blutkörperchen enthaltenen rothen Farbstoffes ist die Blutmengenbestimmung Anwendung gemacht worden.

Die Furcht der meisten Menschen bei dem Anblick von Blut, dessen Meer sie als eine Ersehrliche gross erscheint, das starke Farbevermögen des Blutes, welches Tropfen eine bedeutende Wassermenge in eine stark rothe Flüssigkeit zu verformen vermag, besonders weisse Wäsche, in grosser Ausdehnung zu durchtränken, tragen gemeinschaftlich die Schuld, dass man Blutverluste in ihrer Grösse überschätzte — Verwundete schwimmen im Blut! — und danach eine viel zu geringe Menge im Organismus annahm. WASSERER schätzte die Menge Blut, die ein an Blutung gestorbenes Weib verloren hatte, auf 26 Pfund; in BURDACH's Physiol. schätzte man die Blutmenge, die man aus dem Körper eines Enthaupteten gewonnen hatte, auf 26 Pfund. Man schätzte die Blutmenge des Menschen auf etwa  $\frac{1}{2}$  des ganzen Körpergewichtes. Nach den oben erwähnten Untersuchungen, die hierüber BISHOPF angestellt



Wass bei dem Erwachsenen ein weit geringeres wie 4 : 43. Bei Neugeborenen sinkt (19 [WELCKER]).

Die Blutmengenbestimmungen sind nach der Methode von WELCKER gemacht, die von diesen Ermittlungen versuchten Methoden die genauesten Resultate giebt. VALENZUELA suchte die Blutmenge dadurch zu bestimmen, dass er bei einem lebenden Thiere eine Blutentziehung machte und die entzogene Blutmenge und den procentischen Wassergehalt desselben bestimmte. Nun spritzte er eine bestimmte Menge Wasser in die Blutbahn. Nachdem er annehmen konnte, dass sich Wasser und Blut im Kreisläufe vollkommen gemischt hatten, entzog er eine neue Blutprobe, in der er wieder die Wassermenge bestimmte. Diese zweite Probe sagte aus, um wieviel durch die bekannte eingespritzte Wassermenge der Gesamtwassergehalt des Blutes zugenommen hatte. Ein einfacher Proportionalansatz ergab ihm aus diesen Daten die Gesamtblutmenge. Die Resultate nach dieser Methode sind aber nicht zuverlässig, da man nicht genau weiss, ob wirklich eine vollständige Mischung des Wassers mit dem Blute eingetreten ist, und weil sicher das verdünnte Blut sogleich in gesteigerten Diffusionsverkehr mit den Geweben tritt und dadurch demnach veränderten Wassergehalt sofort wieder auf den normalen Stand zurückzubestrebend ist.

WELCKER'S Methode wird zuerst eine Blutprobe entzogen, gemessen und ihr specifisches Gewicht bestimmt, oder man wiegt die Blutprobe direkt auf einer chemischen Wage. Die Blutmenge verdünnt man mit einer bestimmten Menge Wassers. Aus dem zu untersuchenden Thierismus wird dann durch Ausfliessenlassen, Ausspritzen der Gefässe und Auslaugen der Gewebe mit Wasser aller Blutfarbstoff ausgezogen. Man bekommt dadurch eine mehr oder weniger roth gefärbte Flüssigkeit, deren Menge man bestimmt. Davon bringt man in ein mittelwandiges Glasgefäss eine Probe. In ein genau gleiches Glasgefäss, — es können auch Nothfall auch zwei Probirröhrchen von der gleichen Weite und demselben Glase dienen, — so dass die auf ihre Färbung verglichenen Flüssigkeitsschichten immer ganz gleich hoch sind, bringt man eine kleine, gemessene Menge der mit wenig Wasser verdünnten Blutprobe und verdünnt diese solange mit gemessenen Wassermengen, bis es genau die gleiche Färbung hat wie die »Waschflüssigkeit«. Die Menge der Waschflüssigkeit ist bekannt, die Wassermenge der Blutprobe mit dem zugesetzten Wasser ebenfalls. Wir wissen, in dieser Mischung neben so und so viel Wasser so und so viel Blut. Procentisch muss das Wasser-Verhältniss in beiden Flüssigkeiten, der Waschflüssigkeit und der Probenflüssigkeit, das gleiche sein, da ihre Färbung die gleiche ist. Eine sehr einfache Rechnung mit einer bekannten Grösse ergiebt uns die gesuchte Blutmenge in der Waschflüssigkeit, zu der man zuerst zur Probe entzogene Blutmenge hinzu gerechnet werden muss. Da das specifische Gewicht des Blutes bestimmt wurde, so lässt sich Volum leicht auf Gewicht bringen und so das Blutgewicht mit dem Körpergewicht vergleichen. — Die Methode ist sehr genau. Es thut ihr keinen wesentlichen Eintrag, dass das venöse Blut stets eine grössere Färbekraft besitzt als das arterielle, und dass auch die anderen Blutarten darin Unterschiede zeigen. Man kann einen Theil der daraus entspringenden Fehler vermeiden, wenn die Blutprobe aus gleichen Theilen arteriellen und venösen Blutes mischt.

WELCKER hat aus der Umlaufszeit der Gesamtblutmenge, aus der Blutmenge, welche in einer Minutensystole entleert, und aus der Zahl der Systolen die Blutmenge des Menschen in Gramm = 10 Pfund berechnet. Seine Methode, die unten noch erwähnt werden wird, giebt sonach das gleiche Resultat wie die WELCKER'Sche, sie bestätigen sich gegenseitig.

**Transfusion.** Die Blutmenge kann, ohne dass dadurch das Leben beeinträchtigt wird, nicht unbedeutende Schwankungen erleiden. Es ist das aus den Aderlässen bekannt, die in der früheren Zeit in der medicinischen Praxis so vielfältig in Anwendung brachte.

Man darf aber ein bestimmtes Maximalmaass der Blutverlust nicht gehen, ohne das Leben in seinem innersten Kerne zu bedrohen.

Blutkörperchen und das in ihnen enthaltene Haemoglobin haben die Aufgabe, dem Organismus aus der Luft die nöthige Sauerstoffmenge zuzuführen. Verlassen diese Sauerstoff-

sammelvorrichtungen in grosser Anzahl den Körper, so tritt zuerst Sauerstoffschliesslich mit Nothwendigkeit Erstickung ein, wenn die restirende Blutzufuhr dem Sauerstoffbedürfniss des Organismus nicht mehr genügt.

Die Krämpfe, welche die Verblutung begleiten, sind Erstickungskrämpfe.

Wir sehen bei Verblutenden das Bewusstsein schwinden. Die Herzbewegung des Blut nimmt an Fibrin zu und erhält in hohem Maasse die Neigung zu geronnenen Momenten erhalten vielfältig durch Blutung hoch bedrohte Leben. Indem der Herzstoss das entstehende Blutgerinnsel von der blutenden Gefassöffnung abzustossen vermag, wird diese verschlossen und der Organismus erhält Zeit, an Blutkörperchen durch Neubildung derselben wieder zu ersetzen.

Seit den Versuchen, die im Jahre 1657 von CHRISTOPH WREN veranlasst, den Aerzten bekannt, dass es möglich ist, das Leben verblutender Thiere durch frischen Blutes anderer Thiere in ihre Venen zu erhalten.

Die grössten Physiologen aller Zeiten haben sich mit der Bluttransfusion beschäftigt, die in der neuesten Zeit vor allem durch das Verdienst MARTIN'S Buch in die Wissenschaft eingeführt wurde. Bei Verblutungen, besonders im Wochenbette, denen der Kranke hilflos gegenüberstand, ist das Mittel der Transfusion ein souveränes. Bei vielen Vergiftungen wird wohl die Folgezeit die Bluterneuerung vom grössten Nutzen sein, wir werden sogleich unten einen derartigen Fall zu erwähnen Gelegenheit haben, ehe er sie anzuwenden gezwungen ist.

L. VON BELINA SWIETKOWSKI hat die Literatur und die verschiedenen Methoden der Transfusion zusammengestellt.

In der letzten Zeit hat die Frage der Transfusion von SEITE PANUM'S eine erneute Bearbeitung gefunden.

Zur dauernden Erhaltung des Lebens kann nur Blut derselben Species dienen. Dem Menschen darf nur Menschenblut eingespritzt werden. Es ist bekannt, dass bei verbluteten Thieren durch Einspritzen von Blut einer anderen Species das Leben für einige Zeit in normaler Weise zurückkehren. Diese Thiere sterben nach einigen Tagen an unstillbaren Blutungen zu Grunde. Diese rühren nicht davon her, dass man fibrinfreies Blut eingespritzt hatte. PANUM rath zur Transfusion nur Menschenblut an. Nach kurzer Zeit zeigt sich, wenn Blut derselben Species eingespritzt wurde, Fibrinmangel ersetzt.

Die Bluttransfusion nützt nicht als Ernährungsmittel. Verhungernnde Thiere können durch Bluteinspritzung nicht am Leben erhalten.

### Verhalten des Blutes gegen giftige Gasarten.

Wir haben das Verhalten des Blutes einigen Gasarten gegenüber noch zu untersuchen. Zwar zum Theil in reiner Luft nicht vorhanden sein sollten, die aber oft genug das Blutleben Veranlassung geben. Man bezeichnet die betreffenden Gasarten als giftige: Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Stickstoff, Stickoxydgas, Schwefelwasserstoff. Die Wirkung dieser gasförmigen Stoffe auf das Blut ist grundverschieden.

Wenn wir Thiere in einer Stickstoffatmosphäre ersticken sehen, so hat das nicht etwa in einer giftigen Wirkung auf den Organismus, wie die Bezeiche- nung voraussetzen lässt. Die Erstickung tritt nur ein, weil die für die Erhaltung des Lebens nöthige Sauerstoffzufuhr zu den Blutkörperchen in der Stickstoffatmosphäre fehlt. Das Oxyhaemoglobin verwandelt sich in reducirtes Haemoglobin, verliert zwar die Fähigkeit zur Sauerstoffbindung und damit zur normalen Gas- führung, aber noch keinen Sauerstoff findet, um damit wieder Oxyhaemoglobin zu bilden. Ist also bei Stickgas nur der Sauerstoffmangel allein, der erstickend wirkt. Reines Wasserstoffgas, das Niemand ein Gift nennt. Auch die Wirkung von Kohlenoxyd auf das Blut ist z. Thl. von dieser Art. Doch treten bei gesteigerter Kohlen-



osphäre und gehinderter Ausscheidung derselben aus dem Blute, Vergiftungs-  
 reise ein, welche auf Störungen des centralen Nervenlebens beruhen.

So anders gestaltet sich die giftige Wirkung des Schwefelwasserstoffgases.  
 Hierbei tritt ein Sauerstoffmangel im Blute ein, aber aus anderen Gründen. Das Oxy-  
 hämoglobin hat die Fähigkeit, seinen Sauerstoff an leicht oxydirbare Substanzen abzugeben,  
 welche in reducirtes zu verwandeln. Es wird daher der mit dem sauerstoffhaltigen  
 Stoff in Berührung kommende Schwefelwasserstoff oxydirt. Der Wasserstoff dessel-  
 ben unter Beschlagnahme des Sauerstoffs im Blute in Wasser verwandelt, wobei sich der  
 Sauerstoff ausscheidet. Der Schwefelwasserstoff setzt dadurch (ROSENTHAL und KAUFMANN)  
 auf andere Art als die vorher genannten Gase einen Sauerstoffmangel des Blutes und  
 dessen in entsprechender Quantität eine wahre Erstickung. Die Blutkörperchen,  
 Hämoglobin verlieren primär durch ihn nicht die Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme.  
 Er färbt der ausgeschiedene Schwefel das Blut gelbgrün. Im lebend mit Schwefel-  
 wasserstoff vergifteten Organismus kann es nicht zu den weiteren Zersetzungen des Blutes  
 kommen, welche schliesslich zu einer Schwärzung desselben  
 Sobald das Leben aufgehört hat, wird ja durch die Athmung auch kein Schwefel-  
 wasserstoff mehr dem Blute zugeführt. Wie Schwefelwasserstoff verhält sich Phosphor-  
 stoffgas, das sich im Blut zu phosphoriger Säure reducirt (DYRKOWSKY). Auch  
 Antimonwasserstoffgas scheinen analog zu wirken (HOPPE-SEYLER).

Stickoxydgas und Stickoxydgas gehen mit dem Blutfarbstoff ganz analoge Ver-  
 hältnisse ein, wie es der Sauerstoff thut, was bei dem optischen Verhalten des Hämoglobin  
 schon besprochen wurde. Das Stickoxydgas ist seit den Untersuchungen seiner be-  
 sonderen Wirkungen durch H. DAVY vielfältig auf seine physiologische Bedeutung geprüft.

DAVY glaubte, dass der in ihm enthaltene Sauerstoff vom Organismus zu seinen  
 Zwecken verwendet, dass es im Blute in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt werden  
 würde. Die Untersuchungen von L. HERMANN ergaben, dass dem nicht so ist. Das Leben  
 wird durch Stickoxydul nur dann nicht beeinträchtigt, wenn es mit Sauerstoff gemischt in's  
 Blut gelangt. Es bildet, ohne dass dadurch Sauerstoff aus dem Blute frei würde, mit dem  
 Hämoglobin eine dem Oxyhämoglobin analoge Verbindung von Stickoxydulhämoglobin.

Der Sauerstoff des Blutes verzehrt sich unter der Beimischung des Stickoxyduls  
 nicht, sondern es wird das Blutbestandtheile oxydirt. Es dringt in das Blut jedoch nur in  
 geringer Menge ein, da es irrespirabel ist (cf. Athmung).

Weniger als die Wirkung dieses Gases ist die des Kohlenoxyds. Das Kohlenoxyd  
 verhält sich, so wie es mit dem Blutfarbstoff im Blute in Berührung kommt, mit diesem  
 zu Kohlenoxydhämoglobin. Der Sauerstoff wird dabei vollständig aus dem  
 Blute ausgetrieben, sodass mit genug Kohlenoxyd geschütteltes Blut sich ganz sauer-  
 zeigt. Die Wirkung wird dadurch noch gefährlicher und unter Umständen tödtlich,  
 wenn mit Kohlenoxydgas beladenen Blutkörperchen nun nicht mehr im Stande sind,  
 Sauerstoff aufzunehmen. Das Blut nimmt unter der Einwirkung des Kohlenoxydgases eine  
 scharlachrothe Farbe an, die sich an der Luft in extremen Fällen nicht mehr verändert.  
 Erfahrung lehrt, dass von diesem giftigen Gase verhältnissmässig grosse Mengen,  
 wenn in kleinen Dosen nach einander in das Blut eintreten, keine bedeutenden Störungen  
 verursachen. Auf einmal geathmet würden 1000 Cub.-Cent des Gases hinreichen, den Tod  
 herbeizuführen. Bei Hunden kann  $\frac{1}{5}$  der gesammten Blutmenge mit Kohlen-  
 oxyd beladen werden, ohne den Tod zu veranlassen. Das Kohlenoxyd verschwindet rasch  
 aus dem Blute, es scheint, dass es in Kohlensäure verwandelt wird. Ist eine Ver-  
 giftung mit Kohlenoxyd eingetreten, so kann durch fortgesetzte künstliche Sauerstoffzufuhr  
 das Leben, durch künstliche Athmung das Leben gerettet werden. Der noch unvergiftete  
 Sauerstoff an Blutkörperchen, der noch Sauerstoff aufnehmen kann, muss so lange funk-  
 tioniren, bis das Kohlenoxydgas zerstört ist. Ist die Vergiftung eine heftigere, so kann nur  
 durch Zufuhr neuer, lebenskräftiger rother Blutkörperchen durch Bluttransfusion das Leben  
 gerettet werden (KÖHLER).

Die Kenntniss der Einwirkung der genannten Gase auf das Blut hat für weittragende Bedeutung. Die Vergiftungen in Gärkellern durch Kohlenätrinen durch dasselbe Gas und Schwefelwasserstoff; durch ausströmendes Gas und Kohlendunst, in denen sich Kohlensäure und Kohlenoxyd befinden auf dem geschilderten Verhalten des Blutfarbestoffs und der rothen Blutkörperchen diese Gasarten. Das Kohlenoxydgas ist oft in nicht unbeträchtlichen Mengen enthalten, und dessen giftige Wirkungen beruhen zumeist auf diesem. HENRY fand es bis zu 12.3 0/0. PELIGOT fand in einem Leuchtgas 28 0/0 dieses! genug, um eine ärztliche Aufsicht bei der Gasröhrenlegung zu rechtfertigen, wo Gasgeruch bemerkt wird, muss sofort der in der Leitung eingetretene Leuchtgas und verschlossen werden. Man hat Erfahrungen, dass das Leuchtgas, das aus Röhren ausströmt, sich unterirdisch weit verbreiten und, indem es sich in engeren Häusern zieht und dort ansammelt, Ursache von Erkrankungen der dortigen Bewohner sein kann. Ueber irrespirable Gasarten und indifferente Gase bei Athmung.

### Nachweis des Blutes, Blutuntersuchung.

Die Erkennung, ob eine verdächtig gefärbte Flüssigkeit aus Blut besteht oder nicht, ist in gewöhnlichen Fällen mit dem Mikroskope leicht. Letzteres charakteristischen Blutscheibchen mit ihrer Färbung zeigen, die kaum mit einem anderen verwechselt werden können, so lange sie in ihrer Gestalt nicht alterirt sind. Da aber nicht unsicher sein, wie schon oben bei der Erwähnung der Wirkung einer geringeren Konzentration der die Blutkörperchen umgebenden Flüssigkeit angedeutet. Durch Wasserentziehung werden die Körperchen zu zackigen, sternförmigen während sie in sehr verdünnten Flüssigkeiten kugelig aufschwellen und einen grossen Theil des Farbstoffs austreten lassen. Man muss diese Veränderungen kennen, um sie nicht zu missen. Im verwesenden Blute verschwinden die Blutkörperchen und es tritt an ihre Stelle eine körnige Masse.

Eine mikroskopische Unterscheidung, ob das Blut vom Menschen oder von einem Thiere stammt, ist meist nicht möglich, da die Blutkörperchen der letzteren keine charakteristischen Unterschiede von ersteren zeigen. Nur das Kameel und Kameel haben ovale Körperchen mit einem Kern. Aehnlich sind die rothen Blutkörperchen der Fische und Amphibien, die unter sich nur Grössenunterschiede erkennen lassen. In Fällen, wo das leicht zu verschaffende Hühner-, Tauben- oder Fischblut für eine Untersuchung — für Blutbrechen oder Bluthusten, oder für Menstrualblut — ausgegeben werden soll, kann also die mikroskopische Untersuchung keine sichere Werthe sein.

Manche pflanzliche Gebilde sind den Blutkörperchen sehr ähnlich, wozu man in bestimmten Umständen zu achten hat. In einer blutig gerötheten, anscheinend stark mit Blut bedeckten Erde fand EDMANN mikroskopische, den Blutzellen ähnliche Körperchen, wie die Alge: *Porphyridium cruentum* Naegeli herrührt.

Ist das Blut eingetrocknet, so gelingt es manchmal durch Aufweichen mit Wasser oder Glycerin die Blutkörperchen zum Vorschein zu bringen. Regelmässig soll das nach der Methode von GROSSEW gelingen, der eine Mischung von Aether und Amylalkohol anwendet, die die Blutkörperchen in nahezu normaler Form wieder sichtbar macht. Es kann auch die Frage entschieden werden, ob der Blutfleck von faulem oder von frischem Blute herrührt. In Flecken aus faulem Blute treten nur feine Körnchen, keine Blutscheibchen auf.

Man hat in den Veränderungen, welche der Blutfarbestoff unter der Einwirkung von Salzen mit Essigsäure erleidet, eine sehr scharfe chemische Probe aufgefunden, die für gerichtliche Zwecke verwendet wird: die Haeminprobe.

Eine sehr geringe Menge trockenen Blutes — stecknadelkopfgross — reicht für die Probe hin. Man mischt das Blutpulver mit etwas wenigem — kleine Massen



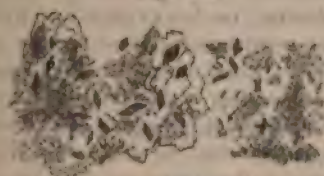
zu zerreibt beide zusammen sehr fein. Dann breitet man einen Theil der Mischung auf ein Objektglas zu mikroskopischem Gebrauche aus, legt ein Deckgläschen darüber und lässt nun einen Tropfen wasserfreier Essigsäure (Eisessig) von aussen zufließen. Nun erwärmt man über einer möglichst kleinen Flamme auf dem Objektglase schwach, bis die

ausgewaschenen Blau-  
werfen be-  
und lässt  
Manteln ab-

zeigt das Mi-  
zwischen  
Krystallen  
Eisensalz und  
Natrium

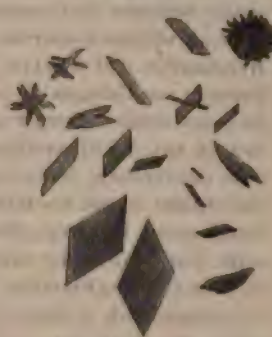
schwarze Krystalle von Haemin in grösserer oder ge-  
Anzahl (Fig. 403). Hier und da ist die Krystallisa-  
tion eingetreten, neuer Essigsäurezusatz und neues  
Erwärmen bringt sie dann hervor. Flüssiges Blut giebt  
keine Krystalle, nur eingetrocknetes, mag es vorher  
gekaut oder gekocht gewesen sein.

Fig. 403.



REICHMANN'sche Krystalle.

Fig. 404.



Krystalle des Haemin.

Haemin ist nach Hoppe-Seyler salzsauerer Haematin, dass in Essigsäure ohne  
Lösung löslich ist (Fig. 404).

Man empfiehlt zu forensischen Zwecken auch die optische Blutprobe. Man bedarf dazu  
einige winzigen Fleckchen verrockneten Blutes, den man in einem Tröpfchen Wasser

Die Lösung lässt man in eine feine Kapillare aufsteigen, die man in den Spalt des  
Spektrums der Länge nach einfügt. Die beiden Absorptionsstreifen sind vollkommen  
charakteristisch bei einer ursprünglichen Blutmenge von  $\frac{1}{3}$  Cub. Millimeter. Die Modifikation  
welche der Blutnachweis in gerichtlichen Fällen erfahren muss, sind sehr mannigfaltig,  
worauf hier nicht eingegangen werden kann. Erschwert wird der Nachweis des Blutes  
durch Eisenrost, wenn sich das Blut auf einem Stahl- oder Eiseninstrument befindet. Man  
kann den Stahl mit dem Flecken in kaltes Wasser; Farbstoff und Eiweiss, das hier in lös-  
lichem Zustande vorhanden ist, lösen sich allmählig mit Hinterlassung des Faserstoffes auf, der  
am Stahl sitzen bleibt und mit dem Fingernagel abgelöst werden kann. Bei der Lösung  
bleibt ein rother Streifen auf den Boden der Flüssigkeit, die dann weiter untersucht werden  
kann. Salpetersäure schlägt in ihr Eiweiss nieder. Hat sich Rost mit abgesenkt, so kann dieser  
abgewaschen werden, durch ein möglichst kleines Filtrum. Auch auf Zeugen bleibt nach der  
Lösung des Blutfleckens das Fibrin zurück, was für gerichtliche Zwecke wichtig scheint.  
Man findet häufig die Blutflecken auf Wäsche etc. von Menstrualblut ableiten will (S. 365). Der  
Nachweis fehlt meist auch dann, wenn das Blut z. B. unmittelbar auf das Hemde ausgeflossen  
ist und sich von da aus in die Weste oder ein anderes Kleidungsstück eingesaugt hat.

Nachweis des Kohlenoxyds im Blut geschieht nach Hoppe-Seyler auf optischem  
Wege durch die Unveränderlichkeit der Kohlenoxyd-Haemoglobinstreifen durch reducirende  
Mittel. Nach Masia verschwindet das Kohlenoxyd rasch aus nicht damit gesättigtem Blute.  
Man kann nach Hoppe-Seyler kohlenoxydhaltiges Blut mit mässig concentrirter Natron-  
lauge überschussen, so entsteht nicht wie im gewöhnlichen Blute sogleich eine schwarz-  
schmierige Masse, sondern eine zinnoberrothe: gefälltes Kohlenoxydhaemoglobin.

Die Verbindung mit Wasserstoff (Blausäure und Cyankalium) geht nach Hoppe-Seyler und Peyer  
in die Verbindung mit Haemoglobin ein, was aber die Giftwirkung derselben nicht zu-  
nähme scheint, da Peyer die Existenz dieser Verbindungen im Blute mit Cyankalium und  
in vergifteten Thiere nicht nachweisen konnte.

**Äerztliche Bemerkungen. Blut in Krankheiten.** — Bei Erstücten gerinnt das Blut, der Mangel der Gerinnung bei vom Blitz Erschlagenen scheint ein Beobachtung. Nach Schwefelsäurevergiftung soll das Blut manchmal sauer reagiren.

Bei Gelenkrheumatismus, Pneumonie etc., soll das Blut mehr scheiden, es bildet eine Speckhaut (S. 348). Wo sich mehr Fibrin ausscheidet, auf einen grösseren Reichthum des Blutes an fibrinogener Substanz, da alles stische Substanz im Ueberschuss besitzt. Im leukämischen Blute, überthum an weissen Körperchen schon referirt wurde, fand SCHENK auffallend Hypoxanthin und Glutin (Collagen), KIRKE macht darauf aufmerksam, dass kommen von Collagen die weissen Blutzellen zu den Zellen des Bindegewebes zu setzen scheint, deren Funktion die Bildung eines kollagenen Gewebes ist. es auch aus, den Eiterzellen Glutin darzustellen. In der Cholera wird das Blut arm, theerähnlich, ebenso nach allen starken Diarrhöen z. B. der Säuglinge der Cholera nimmt das Blutserum aus den Körperchen Kalisalze und Phosphor Menge in den Blutkörperchen entsprechend abnimmt. Bei der bekannten Giftsalze, kann eine solche Anhäufung derselben im Serum an den Krankheitszustand Cholera z. B. den Krämpfen nicht unbetheilt sein. Auch die Harnstoffmenge zu, es findet sich in allen Organen Harnstoff, der auch massenhaft im Schweiß wird. Bei Arthritis steigt in der Regel der Harnsäuregehalt des Blutes, dass das Blut der Arthritiker in einem Uhrglase direkt mit etwas Salzsäure verhinnegelegten Wollenfaden Harnsäurekrystalle absetzt. Bei Urämie (siehe sich im Blute alle Harnbestandtheile an, die Kalisalze scheinen besonders an sich zu betheiligen. Bei Icterus lässt sich Gallenfarbstoff durch die Galle im Blutserum direkt nachweisen, auch geringe Mengen gallensaurer Salze bei Diabetes fand man das Blut oft stark zuckerhaltig. Ueber Veränderung des Blutes cf. auch oben S. 378.



## Elftes Kapitel.

### Die Blutbewegung.

#### I. Das Herz.

##### Allgemeine Beschreibung der Blutbahn.

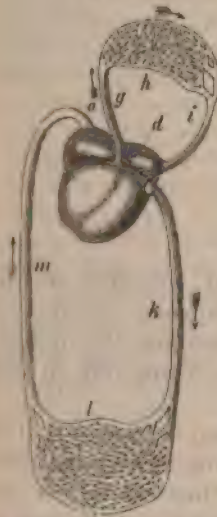
Bewegung des Blutes beginnt im Herzen und kehrt, nachdem sie die Gefässe durchlaufen, wieder zu ihrem Ausgangspunkte zurück, sie im Kreislauf und geschieht immer in derselben Richtung. Der Hauptantrieb geht vom Herzen aus, das als doppeltes Pumpwerk in den Akt der Blutbahn eingesetzt ist.

Blutbahn beginnt mit einem einfachen, röhrenförmigen Gefässe — Aorta — aus der linken Herzhälfte entspringt; sie verzweigt sich in der Folge und verbreitert sich dadurch bedeutend, da die Querschnitte der aus einfachen Gefässe entspringenden Zweige in der Ueberzahl der Fälle grösser als der Querschnitt des einfachen Gefässes war. Die Zweige werden immer kleiner und schliesslich zu den sogenannten Kapillaren, welche die kleinsten Gefässschnitte regelmässig umspinnen und in hohem Maasse geeignet sind, mit Flüssigkeiten in Diffusionsverkehr zu treten. Während die grösseren Gefässe durch ihren inneren Epithelbeleg während des Lebens für Flüssigkeiten durchgängig sind, unterscheiden sich die Wände der Kapillaren von den Endothelmembranen im Wesentlichen nicht, setzen also auch den Diffusionsströmen keinen Hindernisse wie jene in den Weg. Alle Abgabe von Blutbestandtheilen in die Gewebe erfolgt durch die geschlossene Kapillarwand, ebenso, mit Ausnahme der Lymphe, auch die Einnahmen in das Blut. Die breiteste Stelle der Blutbahn, das Kapillargefässsystem, verschmälert sich endlich dadurch, dass die Kapillaren sich zu grösseren Stämmchen vereinigen, die dann auf gekrümmter Weise, als die oben geschilderte Verzweigung vor sich ging, zu grösseren Stämmen zusammentreten und in die rechte Herzhälfte, von der linken durch eine Scheidewand vollkommen getrennt ist, einströmen.

Man nennt diesen eben beschriebenen Weg gewöhnlich den grossen Kreislauf, doch mit Unrecht, da das Blut hier zwar zum Herzen, aber noch nicht zu seinem wahren Ausgangspunkte zurückgekehrt ist, erst die ganze Blutbahn bildet einen in sich geschlossenen Cirkel. Um diese zu vollenden, wird das Blut vom rechten Herzen durch das zweite Hauptgefäss: die Lungen-

arterie, A. pulmonalis in die Lunge getrieben, wo es ein zweites Gefäßsystem zu durchlaufen hat, aus dem es in mehreren Gefäßen zum Herzen wieder zuströmt, um dann von dieser seiner Ausgangsstelle den Kreislauf von Neuem zu beginnen. Im Gegensatz zu dem gro- ßen wird die Bahn des Blutes durch die Lungen von der rechten zu der linken Kammer missbräuchlich als kleiner oder Lungen - Kreislauf (Fig. 105).

Fig. 105.



Kreislaufeschema. *a* Arterie des großen Kreislaufs, die sich bei *l* in die Kapillaren auflöst, *m* die daraus entspringenden Venen des großen Kreislaufs, die bei *a* in den rechten Vorhof einmünden, *g* Lungenarterie, *h* Lungenkapillaren, *d* Lungenvenen, die bei *d* in den linken Vorhof einmünden.

In den beiden Abschnitten des Gefäßsystems, des großen und kleinen Kreislaufs, sehen wir die Bahn zur Auflösung der Bahn in die Kapillargefäße, dann, nachdem sie die Kapillaren verlassen, zum Herzen zu strömen. Die Gefäße, welche centrifugal zu den Kapillaren führen, heißen Arterien; die Gefäße, welche centripetal von den Kapillaren zum Herzen führen, werden als Venen bezeichnet.

Aus dem linken Herzen strömt in den großen Kreislauf hellrothes, arterielles Blut zum Körper. In den Körperkapillaren ver- ändert sich die Farbe des Blutes, indem es Sauerstoff an die Gewebe abgibt und dafür Kohlensäure in sich aufnimmt. Dadurch wird das Blut dunkelrothes venöses Blut. Das Blut strömt in den Venen zu dem rechten Herzen. Die Hauptidee der Erneuerung des Blutes, die dem Körper abgibt, ist, dass das Blut in den Gewebeflüssigkeiten dunkel geworden ist, und dass es in der Lunge, das Gefäß, welches das noch dunkelrothe venöse Blut aus dem rechten Herzen der Lunge zu- führt, wird nach dem oben angeführten Grundsatz, dass die Gefäße, welche das Blut vom Herzen weg- führen, als Lungenarterien bezeichnet werden, aber kein arterielles, hellrothes, sondern dunkelrothes Blut. In den Lungenkapillaren geht die Veränderung und Eigenschaftsänderung des Blutes vor sich. Das Blut wird in den Venen, welche das Blut aus den Lungen zu dem Herzen führen, enthalten sonach nicht venöses, sondern hellrothes, arterielles Blut.

Die Gesamtblutmenge hat die besprochenen zwei Kapillarsysteme durchfließen. Ein Theil des Venenblutes, und zwar das aus den unteren Extremitäten, der Milz und des Darmes stammende, wird in einem kurzen Venenstamm, der Pfortader, vereinigt, die sich in der Leber noch einmal zu einem Kapillarsystem auflöst, das sein Blut in den Lebervenen von neuem sammelt, und die unteren Hohlader dem rechten Herzen zusendet. Dieser Antheil des Blutes setzt also ein dreifaches Kapillarsystem, ehe es zu dem linken Herzen zurückkehrt. Man bezeichnet oft missbräuchlich diesen Theil der Blutbewegung als Pfortaderkreislauf.

Sehen wir von der Pfortader ab, so zerfällt die gesamte Blutbewegung in zwei symmetrische Hälften, in eine, welche arterielles Blut, und



deses Blut führt. Das arterielle Blut fliesst von den Lungenkapillaren in die rechte Herzkammer und von da zu dem Körperkapillarsystem, das venöse Blut dagegen von dem letzteren Kapillarsysteme aus zu den Lungenkapillaren in die linke Herzkammer. Linke und rechte Herzkammer sind funktionell im Sinne so vollkommen von einander geschieden, dass man sie kurz als linkes und rechtes Herz bezeichnet. Beide Hälften der Blutbahn sind sonach etwa in der Mitte ihres Verlaufes je ein Herz als Pumpwerk betrachtet, das die Bewegung des Blutes in ihnen besorgt.

**Entdeckung des Kreislaufes.** — Die Erkenntniss des Blutkreislaufes, ohne die eine Erkenntniss der organischen Vorgänge im Körper der Thiere und Menschen unmöglich ist, ist erst eine verhältnissmässig sehr neue Errungenschaft der Physiologie. Das Alterthum und das Mittelalter hatten von diesem Vorgange keine Ahnung. HIPPOKRATES (460–370 v. Chr.) beschrieb die blutführenden Gefässe Adern. In dem ihm zugeschriebenen Buche über die Natur sehen wir die aufgezählten vier Hauptgefässpaare nicht einmal mit dem Namen ihrer nothwendigen Verbindung. Das erste Gefässpaar entspringt im Nacken und verläuft nach unten, das zweite beginnt am Kopfe, bildet am Halse die Drosseladern und endet in der Leber; das dritte verläuft von den Schläfen durch die Brustorgane zum Mastdarm, das vierte beginnt an der Niere, geht durch die Lungen nach den Armen bis zu den Händen, kehrt aber von da zu den inneren Theilen des Leibes zurück. ARISTOTELES' Lehre über den Kreislauf stimmt mit der des HIPPOKRATES in Beziehung auf die Blutgefässe überein. Die Lehre von der Luftröhre Arterie. In einem späteren, dem ARISTOTELES wohl falschlich zugeschriebenen Werke (Arist. de spirit.) wird aber erst die so lange herrschend gebliebene Ansicht über die Arterien aufgestellt. Man unterschied sie von den Venen und behauptete, dass sie, wie die Luftröhre, nicht Blut, sondern Luft führten. Die Lungenvenen trugen die belebende Lufthaube von der Lunge her, und dieser ergiesst sich in die Arterien. Die Lehre GALEN'S enthalten die Arterien nicht blosse Luft, sondern nur ein reineres, luftartigeres Blut als die Venen, aus denen sie übrigens gespeist werden. Die Ansicht, welcher dieser Anschauung der alten Zeit zu Grunde lag, und sich während des ganzen Mittelalters erhielt, war der, dass man das Blut sowohl in den Arterien als in den Venen vom Herzen weg fliessen glaubte. BERENGAR 1502–1527 Professor in Bologna entdeckte zuerst an einigen Punkten die Klappen in den Venen, welche eine Bewegung des Blutes in ihnen nur dem Herzen zu gestatten. FABRICIUS VON AQUAPENDENTE beschrieb 1602 in den meisten Venen des Körpers. Vorher schon hatte MICHAEL SERVETO (1511–1553) die Bewegung des Blutes aus dem rechten Herzen durch die Lungen in das linke Herz geleitet, während man sonst ein Durchschwitzen desselben aus der rechten in die linke Herzkammer durch die Scheidewand annahm. Die Entdeckung des eigentlichen Gesamtverlaufes der Blutbewegung war aber dem grossen Engländer WILHELM HARVEY aus Folkstone (1578, gest. 1633) vorbehalten. Siebzehn Jahre der Forschung hatten in ihm die Lehre vom Blutkreislaufe zur Gewissheit erhoben; er trat damit im Jahre 1619 öffentlich hervor und zeigte die Rückkehr des Blutes durch die Venen und schliesslich durch die Hohlvenen in die rechte Herzkammer. Das Blut strömt von hier zu den Lungen, von ihnen neubelebt in die linke Herzkammer, welche es dann durch die Arterien nach allen Theilen des Körpers leitet. Schon 1630 trugen W. ROLLFINK, 1637 REN. CARTESIUS die neue Lehre in Deutschland, 1651 in Frankreich vor. Wir werden in einem späteren Capitel sehen, in wie inniger Verbindung diese grösste Entdeckung in der Physiologie zu einer kaum minder grossen: der Entdeckung des inneren Vorganges der Athmung steht.

### Physiologische Anatomie des Herzens.

Wir beginnen unsere specielle Betrachtung des Kreislaufes mit dem Centralorgan selbst, mit dem Herzen, dessen aktive Zusammenziehung die Kraft

liefert, welche das Blut durch die Arterien und Kapillargefasse in die presst. Das Herz ist eine Druckpumpe.

Es ist Sache der Anatomie, den entsprechenden Bau des Herzes Einzelheiten zu schildern. Für unsere Zwecke genügt es vorerst, zu sagen, dass das Herz ein muskulöser Schlauch ist, der in vier Hohlräume zerfällt, je zwei, Vorkammer und Kammer, direkt in einander münden, von einander aber durch eine vollkommene Scheidewand getrennt sind. Die Mündungsstellen der Vorkammern in die Kammern, sowie an den Ausgängen der aus den Herzkammern entspringenden beiden grossen Arterien: Pulmonalis stehen ventilartige Klappen, welche im normalen Verlauf der Blutbewegung nur in dem Sinne des Kreislaufes gestatten, indem sie Rückwärtsströmen vollkommen widersetzen.

Die Gesamtgrösse und das Gewicht des Herzens ist ziemlich den Schwankungen unterworfen. Im Mittel wiegt es (KRAUSE) etwa 10 Unzen, schwankt normal zwischen 7 und 15. Bei Frauen ist es im Durchschnitt kleiner als bei Männern, überhaupt hängt die Herzgrösse auf das engste mit der Gesamtentwicklung des Organismus und der Muskulatur zusammen.

Das Herz ist in eine seröse Hülle: den Herzbeutel, Perikardium, gestülpt, dessen inneres Blatt die Aussenfläche des Herzens überzieht.

Im Innern werden alle vier Herzhöhlungen von einer Fortsetzung der Gefasshülle: dem Endokardium ausgekleidet, das an den Vorhöfen und wesentlich zu deren Elasticität beiträgt. Zwischen dem visceralen Endokardium und dem Endokardium liegt die Muskulatur der Herzhöhlen. Diese sind roth und quergestreift wie bei den Skelettmuskeln, der Herzbewegung nicht dem Willen unterworfen ist. Die Herzmuskulatur stellt eine Zwischenstellung zwischen der quergestreiften Stammuskulatur und der glatten Muskulatur ein. Die Muskelschläuche scheinen hier im Allgemeinen schmaler als in den willkürlichen Muskeln, das Sarcolemma meist auch die Querstreifung ist sehr oft durch eine körnige Trübung des Primitivmuskelschlauches verwischt. Das Zwischenbindegewebe ist sehr dicht gewickelt, sodass man weniger wie bei anderen quergestreiften Muskeln scharf sonderte Muskelbündel nachweisen kann. Die mikroskopischen Muskelfasern sind sehr eng mit einander verbunden, und es fällt bei ihnen die scharfe Theilung und Verbindung von Muskelschläuchen mit einander durch kürzere Verbindungsstücke auf, sodass die mikroskopischen Muskelfasern formig verbundene Reihen darstellen. Die Herzmuskelfasern (Muskelfasern) gehen aus einer Verschmelzung einzelner reihenweis angelagerter (KÖLLIKER, AEBY). EBERTH hat gezeigt, dass auch im ausgebildeten Herzmuskulatur der Wirbelthiere (Menschen) eine Sonderung der Fasern von einander fortbesteht. Die Muskelfasern zusammensetzend mehrkernigen Zellen zeigen ihre Kerne central gelagert, sie sind durch Scheidewände von einander getrennt und verbinden sich durch Zellen der angegebenen Weise mit Zellen neben ihnen verlaufender Reihen (SEYDEL Fig. 106). Sie mögen mit zu der mannigfaltigen Durchkreuzung der Bewegungsrichtungen der Herzmuskulatur beitragen. An den Herzhöhlen ist die Muskulatur in mehreren Lagen über einander, besonders das linke



Wandungen ausgezeichnet, das rechte Herz ist weit dünnwandiger. In der Nähe an den Vorkammern ist verhältnissmässig nur spärlich.

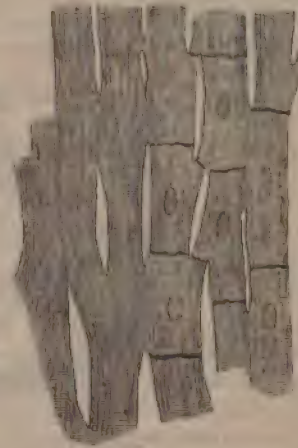
Der Verlauf der Muskelfasern des Herzens ist sehr verschieden. Sicher ist es, dass Vorkammer- und Ventrikelmuskulatur gänzlich von einander getrennt ist, während die Fasern von einer Vorhof- zur Ventrikelwand übergehen. Beide Vorhöfe und der Ventrikel arbeiten darum stets gleichzeitig, während Vorhöfe und Ventrikel sich unabhängig voneinander kontrahiren können. Die Stelle der Herzmuskulatur liegt vorzüglich an den Einmündungsöffnungen der Vorkammern in die Kammern und der Ausmündung der Kammern in den Ventrikel, so dass sich jene dichten sehnigen Ringe finden, welche die genannten Oeffnungen umkreisen (Anuli fibrocartilaginei bekannt).

Die Muskelfasern der Vorhöfe gehen ebenso wie die der Kammern von einer Hälfte auf die andere über. Die Scheidewand der Vorhöfe trennt die Fasern sowohl dem rechten als dem linken Vorhofe an. Auch die Kammercheidewand trennt die Muskulatur der beiden Kammern voneinander. Nach KÖLLIKER ist die Musku-

latur der Kammern im Allgemeinen so angeordnet, dass die Fasern sich in der inneren als äusseren Fläche in ihrem Verlaufe durchkreuzen und zwischen Uebergängen aus der einen in die andere Richtung erkennen lassen. Die Muskeln entspringen an den Klappenringen (Ostia venosa und Aortenostium) theilweise mit kurzen Sehnen, theilweise direkt, verlaufen in verschiedenen Richtungen: entweder schief, der Länge nach oder quer, nachdem sie in einer der angegebenen Richtungen einen grösseren oder kleineren Abschnitt der Kammern umkreist haben, wieder zurück zu ihrem Ursprunge, in dessen Nähe sie sich wieder ansetzen. Sie bilden also fast Schleifen (Fig. 107), die sich in ihren Richtungen auf das Mannigfaltigste kreuzen und fast alle mehr oder weniger um sich gedreht sind. Ein Theil der Fasern gelangt nicht mehr ganz zu ihrem Ausgangspunkte zurück, sondern endigt in die Papillarmuskeln um, welche endigen an den Sehnenfäden der Chordae tendineae. Für die spiralförmige Anordnung der Muskelzüge ist der Ursprung wahrscheinlich in entwicklungsgeschichtlichen Momenten zu suchen, da der förmliche Herzsack bei seiner Ausbildung nicht allein eine schleifenförmige Biegung sondern auch eine Spiraldrehung erleidet, durch welche die sich vorhandenen Längs- und Querfasern eine entsprechend veränderte Richtung ihres Verlaufes annehmen müssen (SCHWEIGER-SYDEL). Bei der Entwicklung scheint ebenfalls die Muskulatur auch im entwickelten Zustand auf rechtwinklig kreuzende Schichten zurückgeführt werden zu müssen, von denen die äussere sirkular verläuft.

Das Endokardium überzieht die ganze vielgestaltige Innenfläche des Herzens mit allen Hervorragungen und Klappen. Letztere, welche aus Binde-

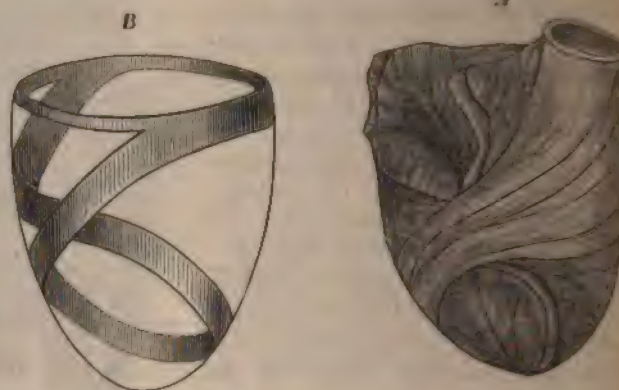
Fig. 106.



Anastomosirende Herzmuskelfasern in der Längslage. Rechts sind die Grenzen der einzelnen Zellen und ihre Kerne halbschematisch eingetragen.

gewebe mit eingelegten elastischen Fasernetzen bestehen, werden von den Flächen von dem Endokardium gedeckt, sodass man noch bis zum Rand drei gesonderte Lagen an ihnen unterscheiden kann. Am

Fig. 407.



Schema des Faserverlaufs der Herzkammermuskulatur (nach LEWIS).

schmelzen letztere. Das Endokardium überkleidet dort die faserige noch mit Epithelzellen. Das Endokardium ist von weisser, schneeweissen und lässt drei Schichten unterscheiden: ein Epithel aus vieleckigen streckten, kernhaltigen, platten Zellen, welche eine mehr oder weniger Lage elastischen Gewebes bedeckt, das sich besonders in den Vorhöfen zwar am meisten in der linken verdickt zeigt. Eine schwache Bindegewebslage befestigt das Endokardium an seine Unterlage. Im Innern der Herzkammer ist es so dünn, dass überall die natürliche Farbe der Muskeln durchscheint, auch hier lassen sich die drei Schichten noch nachweisen. Nach SEYDEL theiligt sich auch Muskelgewebe, und zwar glattes und quergestreiftes an der Endokardiumbildung. Die glatten Fasern sollen zwischen den Lamellen liegen.

Die Blutgefässe, welche das Herz selbst mit Blut versorgen, mit ihren Kapillaren in rechteckigen Maschen häufig nicht nur eine, sondern mehrere quergestreifte Muskeln, sondern mehrere der dünnen, mikroskopischen Muskelfasern. Auch in die Klappen gelangen kleine ernährende Gefässe wie in das Peri- und Endokardium. Die Venen gehen in die Kapillaren über, indem mehrere kapillare Gefässchen sofort zu einem dicken Gefässchen zusammentreten, was den Abfluss des Blutes wesentlich erleichtert. Lymphgefässe lassen sich im Peri- und Endokardium als weitmaschige Netze nachweisen, einzelne Lymphgefässe dringen zwischen die Klappen ein (EABTH). Nach SCHWEIGER-SEYDEL ist auch die Muskulatur reich an Lymphgefässchen, die theils röhrenförmig mit den oben beschriebenen Netzen zusammenhängen, theils spaltartig (HENLE), aber mit einem der Gefässendothel analogen Häutchen ausgekleidet, ein sich mannigfach verzweigendes Canalsystem zwischen den Muskelfasern bilden.

Ueber die Nerven folgt das Nähere unten.



des Herzmuskels. — Die chemische Zusammensetzung des Herzmuskelfleisches stimmt im Allgemeinen mit der der willkürlichen, quergestreiften Muskeln überein. Wir werden bei der Betrachtung der Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Muskelfleisches durch ausgeübte bedeutende mechanische Leistungen (Kontraktionen) erkennen, dass das Herz wie ein stark angestrebter Muskel verhält, was bei seiner rastlosen Thätigkeit auffallen kann. Es zeigt vor allem konstant einen ziemlich viel höheren Wassergehalt als die übrigen Körpermuskeln. E. Bischoff fand in den Stammmuskeln eines Hündchens:

feste Stoffe . . . . .	24,3%
Wasser . . . . .	75,7%

Herzmuskelfleisch:

feste Stoffe . . . . .	20,8%
Wasser . . . . .	79,2%

Die obigen Verhältnisse finden sich bei allen Säugethieren. Der Fleischsaft des Herzens zeichnet sich durch das Vorkommen einer nichtgährungsfähigen Zuckerart, des Inosit, aus, welche in anderen Muskeln noch nicht mit Sicherheit erwiesen scheint. Erinnerung an auch die angestrebte Stammmuskulatur eine Zunahme ihres Zuckergehaltes zu den ruhenden Muskeln erkennen lässt. Man wollte bisher einen grösseren Gehalt an Kreatin im Herzmuskelfleisch an Kreatin aufgefunden haben als in den übrigen Muskeln desselben Thieres. Ganzon fand im Ochsenherzen 4,4, im Ochsenfleisch nur 0,6 pro mille Kreatin. Das Herz ist gerade umgekehrt, das Herz enthält weniger Kreatin, dagegen wohl stets einen Gehalt an Kreatinin, das den ruhenden Muskeln gewöhnlich fast vollkommen fehlt und durch die Einwirkung der während der Kontraktion entstehenden sauren Reaktion des Muskels aus dem Kreatin gebildet scheint. In Beziehung auf die übrige Zusammensetzung des Herzmuskels das bei den Skelettmuskeln Gesagte.

### Die Bewegungen des Herzens.

Das Herz ist während des Lebens unausgesetzt thätig. Es ziehen sich seine Vorhöfen und Kammern in abwechselnden Rhythmus zusammen und erweitern sich wieder. Die Zusammenziehung heisst Systole, die Erweiterung Diastole. Die beiden Vorkammern arbeiten immer gemeinschaftlich, ebenso die beiden Herzkammern. Nähere Beobachtungen haben gezeigt, dass es eine kleine Pause giebt, während deren das gesamte Organ in Ruhe ist. Diese Pause folgt auf jede Kammer-systole. Während sich dann die Kammer erweitert, folgt auf die Pause eine Kontraktion der Vorkammern, dann eine noch länger dauernde Zusammenziehung der Kammern, auf welche dann eine kurze Gesamtruhe eintritt, nach deren Ablauf die Kontraktionen in regelmässigkeit wieder beginnen.

Während der Gesamtpause der Kontraktionen saugt sich das Herz mit Blut voll, sodass sowohl Vorkammern als Kammern mit Blut erfüllt sind.

Die Erweiterung, auf welcher diese Ansammlung beruht, geschieht, abgesehen von der unten zu besprechenden Selbststeuerung des Herzens, zum Theil durch die Wirkung der Elasticität des Herzens, — auch ausgedehnter Herzen erweitern sich noch nach der Kontraktion; — ein Hauptgrund der ständigen Erweiterung im unversehrten Organismus liegt aber in dem

Druck, der in der Brusthöhle, in der das Herz mit den grossen Gefässen geschlossen liegt, herrscht. Der Einfügungsmodus der Lungen in den Brustkorb bringt es mit sich, dass sie auch ehe sich der Brustkorb bei der Ein-

athmung erweitert, über die natürliche Grenze ihrer Elastizität an. Dadurch wird beständig auf alle in der Brusthöhle selbst liegende grenzenden Organe ein negativer oder Saugdruck ausgeübt, der die Organe in den von den ausgedehnten, sich zu verkleinern bestrebenden Raum hineinziehen muss. Hierin liegt auch der Grund, bei mageren Leuten die Zwischenrippenräume beim Einathmen einzusinken und warum stets alle Hohlorgane in der Brusthöhle ausgedehnt sind. Sowie die Herzkontraktion nachlässt und den Wirkungen des negativen Drucks in der Brusthöhle keinen Widerstand mehr entgegensetzt, dehnen sich aus und saugt die Vorkammern und Kammern aus den grossen Venen voll. Ein etwaiger Rückfluss des Blutes aus den Arterien in das Herz während der Diastole durch den Verschluss der Semilunarklappen geht also die Herzkontraktionen beginnen, ist sowohl in Vorkammern als auch in Kammern schon Blut.

Die Systole der Vorkammern wird zuerst an den Venen als Kontraktion und Verengerung sichtbar, von da schreitet sie über die Muskulatur in der Vorkammer fort. Das in der Vorkammer enthaltene Blut wird durch den erhöhten Druck, da ein Rückfluss in die grossen Venen durch die aktive Verengerung ihrer Mündungen und die entfernteren Venen verhindert ist — an der Koronarvene und der unteren Hohlvene existiren an ihrer Einmündungsstelle wahre Klappeneinrichtungen — in die Kammer eingepresst, deren Atrioventrikularklappen offen sind, deren Wände während ihrer Erschlaffung noch einer stärkeren Ausdehnung fähig sind. Die Kammer kann also noch so lange Blut in sich aufnehmen, in Vorhof und Kammer gleich geworden ist. Ein geringer Druck in der Kammer Gunsten der Kammer reicht dann hin, die Klappen zwischen Vorkammer und Kammer zu schliessen. Es scheint dieses Uebergewicht zu Gunsten der Kammer dadurch zu Stande zu kommen, dass gegen Ende der Diastole der Vorhof, wenn der Druck auf beiden Seiten gleich geworden ist, die Vorkammerkontraktion etwas nachlässt. Das Blut sucht aus der ausgedehnten Vorkammer zurückzuströmen und presst dadurch die Zipfel der Klappen an einander, es folgt die Systole der Kammer, während der Vorhof erschlafft. Die Kontraktion der Kammer-Vorkammerklappe wird in Folge davon noch fester, da der durch die Kontraktion gesteigerte positive Druck in der Kammer die Klappenzipfel stärker an einander presst; andererseits werden aber auch die Klappen durch die Kontraktion der Papillarmuskeln, an die sich die Klappenzipfel durch Sehnenfäden anheften, die entsprechenden Klappenzipfel einander an einander ziehen. Die Sehnenfäden der beim Schluss an einander liegenden Klappen werden meist an demselben Papillarmuskel an, sie werden also durch die Kontraktion gegen einander gezogen. Ein vollkommener Verschluss dieser Klappen ist aber, wie angegeben, schon vor der Kontraktion vorhanden, da in der Kammer gar kein Zurückströmen von Blut in die Vorkammer stattfindet. Die Kontraktion der Kammern steigert den Druck so weit, dass die Semilunarklappen der Arterie geöffnet, an die Arterienwand angedrückt werden und den Austritt des Blutes aus der Kammer in die Arterie gestatten. Am Anfangstheile der Arterie wird durch die stärkere Füllung natürlich der Druck bedeutend gesteigert. Sowie die Diastole der Kammer eintreten, wird der Druck wieder gesenkt, und das Blut strömt aus der Arterie zurück in die Kammer.



ack, wie wir gesehen haben, negativ, sie füllt sich von den Venen her. Die Semilunarklappen aber schlagen, durch den in der Arterie nun an Ueberdruck ausgedehnt und an einander gepresst, wieder zusammen, bilden einen so vollkommenen Verschluss, dass aus der Arterie kein Blut in die Kammer zurückfliesst.

und im Stande, die Mehrzahl der genannten Vorgänge dem Auge sichtbar zu machen.

Ein ausgeschnittenes Froschherz schlägt noch Stunden lang fort, aber ungethieren, denen wir die Brusthöhle geöffnet haben, sieht man, wenn die Athmung unterhalten wird, die Kontraktions-Erscheinungen des Herzens schön, und der in Worten nur schwer anschaulich zu beschreibende wird durch den Anblick leicht verständlich, besonders wenn bei Ermüdung des Herzens sich die Kontraktionen langsamer folgen. Bei hoher Pulsfrequenz nimmt die Kammerystole etwa  $\frac{2}{3}$ , die Diastole etwa  $\frac{1}{3}$  der Periode in Anspruch (VALENTIN, LANDEIS). Nach DONDERs variirt bei hoher Pulsfrequenz nur die Dauer der Diastole, während die Systole leicht.

#### Form- und Lageveränderung des Herzens bei der Kontraktion.

Herzkontraktionen sind mit Formveränderung des ganzen Herzens verbunden. Die Muskeln werden bei der Kontraktion kürzer und dicker, ebenso das Längendurchmesser wird etwas verkürzt, sein Dickendurchmesser von hinten nimmt dabei etwas zu. Die Kammern haben eine kegelförmige Form, deren Basis an der Vorhofsgrenze liegt. Während der Diastole der Vorhof ist die Gestalt des Durchschnittes der Kammerbasis elliptisch. Der Längsdurchmesser der Ellipse läuft von vorne nach hinten, der grosse von rechts nach links. Während der Systole verändert sich die elliptische Form in eine runde, der Querdurchmesser wird also verkürzt, während der Durchmesser von hinten um ebensoviel vergrössert wird.

Bei dieser Formänderung wechselt das Herz bei jeder Kontraktion auch seine Lage im Brustraume. Es steigt etwas nach abwärts und, indem es sich durch den längeren Durchmesser der elliptischen Kammerbasis gedreht, wird die Herzspitze etwas nach vorwärts gerückt. Dieses Vorrücken der Herzspitze ist an ausgeschnittenen, auf der Hinterseite durchgeschnittenen Froschherzen deutlich zu sehen, sodass es also nicht von der Oberfläche des Herzens in der Brust herrühren kann. Auf diesem Andrücken der Herzspitze beruht der bei den meisten Menschen zwischen der 5. und 6. Rippe gefühlte Herzstoss oder Herzschlag. Die Kontraktion, die ihrerseits grösser werdenden Ventrikel aufwölbt, drückt die schon meistens wäh- rend der Diastole an der Brustwand anliegende Herzspitze an diese noch stärker an. Bei mageren Individuen den betreffenden Zwischenrippenraum an der Höhe. Fast immer ist der Herzstoss für den aufgelegten Finger bei tiefer Inspiration rücken die Lungenränder beider Lungen über den Herzstoss, indem sie sich zwischen Brustwand und Herzbeutel einschieben, so dass der Herzstoss ganz verdeckt werden. Bei der Expiration muss er wieder hervortreten sein, weil dann das Herz, mit einer ziemlich bedeutenden Fläche der inneren Brustwand anliegt.

**Zur Untersuchungsmethode.** — Zur Aufzeichnung des Herzstosses in graphischer Darstellung dienen indirekt die Registrirungen des Arterienpulses, deren Nachschreibung werden. MAREY's Kardiograph setzt die Bewegung der durch die schütterten Brustwandstelle durch eine angelegte Feder, deren Exkursionsbewegung übertragen werden, in Bewegung eines Schreibhebels um, der auf einer mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorüberbewegte Papierfläche (s. unten Kymographion) aufzeichnet.

### Die Herzklappen und ihr Schluss.

Das Spiel der Klappen kann bei ausgeschnittenen, künstlich bewegten Hohlformen man abgeschnitten und in deren Arterien man Glasröhren eingehunden betrachtet werden. Der Uebergang des Blutes aus der Vorkammer in die Kammer wird durch die venösen oder Atrioventrikular-Klappen — *Valvulae atrioventriculares* — bewirkt. Nach der Zahl ihrer häutigen Zipfel wird die Klappe des linken Herzens als bicuspidalis oder mitralis benannt, die Klappe des rechten Herzens als tricuspidalis. Diese Klappen bestehen aus drei- und zweihäutigen Lappen, deren Basis schlauchförmig an der Wand der Kammervorhofsgrenze mit ihren freien Enden die Chordae tendineae an den Papillarmuskeln befestigt sind.

Wir verstehen den Bau dieser Klappen am leichtesten, wenn wir uns anstelle an den fibrösen Ringen der Vorhofsgrenze einen zartwandigen Schlauch vorstellen, der analog wie bei dem unten zu besprechenden WENDEL'schen Kreislaufversuch, welcher in die Kammerhöhlung frei hereinhängt und dessen Ende durch einige Fäden an die Kammerwand befestigt ist. Füllen wir diesen Schlauch mit Wasser und suchen es bei verschlossener Arterie, indem man pressen des Herzens aus der Eingussöffnung wieder zurückzupressen, nicht, die freien Ränder des Schlauches werden zusammengepresst, die Lappen umstulpen, und je stärker wir drücken, desto fester wird dieser ebenso wirksame Ventilverschluss. Es leuchtet ein, dass ein Schluss auch dann noch möglich ist, wenn der Ventilschlauch, wie am Herzen, gegen sein freies mit Fäden an der Kammerwand befestigt ist; ein gesteigerter Druck wird ihre Lappen zusammenpressen, als wenn ein mit einer kreisförmigen Oeffnung versehenes Ventil vorhanden wäre. Bei dem Verschluss legen sich die Klappen nicht flächenhaft aneinander, sondern bilden eine schliessende Oeffnung; die geschlossenen Zipfel begrenzen einen in die Vorhofshöhlung gerichteten kegelförmigen Raum, sodass sich die Hohlraum in den geschlossenen Klappen mit einer kegelförmigen Kammerlumen herein fortsetzt.

Fig. 408.



Die Semilunarklappen geschlossen. *a* und *b* die Berührungslinien der Klappenränder. *c* Die an einander stossenden Knötchen der Klappen.

Die Art der Wirkung der taschenförmig an der Mündung stehenden halbmondförmigen oder Semilunarklappen ist leicht verständlich. Der Blutstrom aus der Kammer wird durch die Klappe zurückgehalten und macht dadurch den Weg zurück zum Vorhof. Versucht bei einem Ueberdruck in der Arterie das Blut zurückzuströmen, so bückt es die sich entgegenstehenden Ventile aus und drückt ihre freien Ränder gegen einander, wodurch eine in der bekannten dreiseitigen, sternförmigen Figur (Fig. 408).

Die Koronararterien, welche dem Herzmuskel Blut zuführen, entspringen in den Sinus Valsalvae meist so tief, dass sie von den Klappen, wenn sie an die Wand angepresst werden, verhindert werden. Dadurch wird der Bluteintritt während der Kammer systole mehr oder weniger behindert, er findet während der Diastole statt. Durch das Eindringen von Blut in die Koronararterien wird das Herz wieder, es erfährt dadurch eine aktive Erregung, die die Bluteinströmung in den Ventrikel während der Diastole begünstigt.



**Herzens nach BRÜCKE.** RUDINGER zeigte, dass die Semilunarklappen sich niemals an der Arterienwandung anschmiegen, es kommt also wohl nie zu einem vollkommenen Verschluss der Koronararterien, wie es die Theorie BRÜCKE's voraussetzt.

Die Vorhöfe entleeren bei der Systole wohl niemals all ihr Blut. Man hat behauptet, ein kleiner Theil durch die Kontraktion auch rückwärts in das Venensystem gedrückt zu werden, was bei krankhaften Verhältnissen den Venenpuls verursacht; doch zeigt die Untersuchung *in vivo* keine Druckerhöhung gleichzeitig mit der Vorkammersystole im normalen Zustande.

Die Vorhöfe besorgen die prompte Füllung des Ventrikels mit Blut unabhängig von der herrschenden Spannung im Venensystem und den Verschluss der Atrioventrikularklappen (LUDWIG). Die Vorhöfe wirken auch regulirend auf die Blutbewegung in den Venen, indem aus ihnen während der Kammerdiastole das Blut genommen wird, sodass, da während der Kammerdiastole ihr Lumen verkleinern, die Druckabnahme im Venensystem gemässigt wird und dadurch der Druck im Venensystem ein annähernd konstanter wird.

### Herztöne.

Der Klappenschluss geschieht so rasch und mit solcher Energie, dass dadurch ein Geräusch entsteht, die man zu hören bekommt, wenn man das Ohr in der Herzgegend auf die Brust auflegt, oder ebenso, wenn man das Ohr mit dem freischlagenden Herzen bei geöffneter Brustwand durch das Stethoskop in Berührung setzt. Der erste Herzton, der am deutlichsten an der Stelle des Herzes an der 5. und 6. Rippe gehört wird, ist mehr dumpf, andauernd; der zweite, im dritten Rippenzwischenraum beiderseits vom Brustbeine am schärfsten, ist kurz, klappend, hell. Der erste Ton entspricht der Systole der Kammer und hält so lange an als diese. Nach einer viel verbreiteten Meinung wird der erste Ton durch das Erzittern der während ihres Verschlusses stark gespannten Kammerklappenmembranen. Man hat ihn auch als Muskelgeräusch, das bei der Kontraktion des Herzmuskels entstehe, erklärt (LUDWIG und DOGIEL). Dass wirklich ein Muskelgeräusch mitbetheiligt sei, ergibt sich wohl daraus, dass man auch an ausgeschnittenen blutleeren, schlagenden Herzen den systolischen Ton hört. Fast wahrscheinlich theilnehmen sich beide Ursachen an der Tonerzeugung. Um die Natur des ersten Tones führt man den Finger in das sich kontrahirende Herz ein, so fühlt man während der Systole deutlich ein Erzittern der Klappen, wie es die erstgenannte Erklärung voraussetzt. Der zweite, der Diastole entsprechende Ton, entsteht unmittelbar nach dem plötzlichen, klappenden Verschluss der Semilunarklappen an den Arterien.

Die letzten Mittheilungen über Anlagerung des Herzens an der Brustwand, Herzstoss, sind für die Pathologie und zwar vor allem für die Diagnose der Herzkrankheiten von höchst einschneidender Bedeutung. Die Herztöne ändern sich, wenn eine der Klappen eine Form- oder Elasticitätsänderung erfährt. Die Klänge verlieren ihre musikalische Reinheit und werden zu blasenden, schnarrenden, kratzenden etc. Geräuschen. Die Veränderung des ersten Tones ist an eine Erkrankung der ventriculären, des zweiten an eine Erkrankung der atrioventriculären Klappen geknüpft. Es ist möglich durch rechts- oder linksseitiges Auscultiren der Brustwand die erkrankte Klappe noch näher zu bestimmen. Die Darstellung dieser Veränderungen wird in einer allgemeinen Pathologie in ausgedehnterer Weise stattfinden müssen, wo uns die für die Pathologie und Diagnose wichtigen Einzelfragen ferner liegen, die eine einfache Betrachtung des staunenswerthen Mechanismus der Herzpumpe lässt erkennen, wie bedeutend Fehler in den Ventilverschlüssen die Blutzirkulation und die Organfunktionen beeinträchtigen müssen.

**Aerätische Bemerkungen.** — Mechanische und chemische Einflüsse auf die Herzbewegung. Die Herzbewegungen stehen nicht direkt unter dem Einflusse der Luft, doch können wir sie modificiren durch willkürlicher Veränderungen der Verhältnisse in den Lungen und damit im ganzen Brustraume. Ist der auf das Herz wirkende Druck gering oder negativ, so geht die Ausdehnung des Herzens auch der Symplicität vor sich, die Raschheit und Stärke der Kontraktionen nimmt aber gleichfalls Abnahme des Druckes ab. Bei kräftiger Inspiration wird durch die Geschiebung der Lungen, ihr Bestreben sich zusammenzuziehen, und damit der negative Druck vergrößert.

Der gewöhnliche negative Druck in der Brusthöhle kann umgekehrt in einen positiven verwandelt werden, indem durch sehr starke Expirationen mit Abnahme des Brustraumes die Lungen zusammengepresst werden. Die Rückführung des Blutes in die Venen erfolgt vorzugsweise durch das Ansaugen des Brustraumes; herrscht aber ein positiver Druck, so wird das Blut nicht mehr angesaugt, sondern es sammeln sich dann in den Venen an. Wir sehen diese Störung des Blutlaufes am besten bei Hustenanfällen. Diese sind mit krampfhaften, heftigen Expirationen verbunden, welche der Hustende durch Blutstauung in den Venen blau im Gesichte wird, Stirnvenen anschwellen. Dieser künstliche positive Druck in der Brusthöhle kann noch sehr gesteigert werden, dass man zuerst viel Luft in die Lungen einathmet, während die Stimmritze verschlossen wird, sodass keine Luft aus der Lunge ausströmen kann, durch starke Ausathmungsbewegungen mit den Expirationsmuskeln zu verkleinern strebt. Das Herz kann dadurch so zusammengepresst werden, dass es nicht mehr auszudehnen vermag. Es steht endlich still, Herzton und Puls hören auf. Bei Nachlassen des Druckes kommen die Herzbewegungen langsam wieder zu.

Der Widerstand, welcher dem Herzen gegen die Austreibung seines Blutes entgegensteht, modificirt die Zahl und die Stärke der Kontraktionen des Herzens. Steigerung des Widerstandes vermehrt die Zahl der Herzschläge. Im Allgemeinen sehen wir die Stärke der Herzaktion abhängen von dem Verhältnisse der Herzkraft zu dem Widerstande der Blutmasse (Viekoabr.). Wenn, wie z. B. bei Verengerung der Arterien, die Herzkraft schneller sinkt als der Widerstand im arteriellen System, so kommt es zu einer Minderung des Blutdrucks, eine Pulsbeschleunigung wahrzunehmen.

Ausser den mechanischen Beeinflussungen der Herzkontraktionen stehen noch unter dem Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Blutes. Eine Reihe von Einflüssen, welche letztere stört, verändert oder vermindert die Kontraktionsfähigkeit des Herzens. Es verhält sich hierin das Herz ganz analog den quergestreiften Muskeln. Dieselben Stoffe, die wir dort als Ermüdungsursachen kennen: Milchsäure und saure Salze, wie sie sich im Saft ermüdeten Muskeln finden, bewirken auch Ermüdung des Herzmuskels. Entziehung des Sauerstoffs, Ueberladung mit Sauerstoff, Erkältung heben wie einige narkotische Gifte die Bewegung des Herzens auf. Die Einwirkung der Gallensäure auf die Herzthätigkeit wichtig. Schon kleine Mengen davon im Blute verlangsamen und schwächen den Herzmuskel, was sich erklärt durch die Pulsverlangsamung, die bei frischer Gelbsucht, die in Aufnahme des Blutes besteht, beobachtet wird (Rönnig). Auch hierin verhält sich das Herz ganz analog jeder andere quergestreifte Muskel, die alle durch Gallensäuren ermüden, und Erwärmung wirken umgekehrt. Die Aufnahme von frischem, normalem Blute eines Thieres in sein Blut bringt keine Einwirkung auf die Herzbewegung hervor.

Im Allgemeinen sehen wir das Leben des Herzens an die gleichen Bedingungen gebunden wie das aller anderen Organe. Die quergestreiften Muskeln z. B. behalten auch die Fasern des Herzens ausgenommen nach dem Tode des Gesamtorganismus noch für einige Zeit ihre Erregbarkeit. Die Nerven (Ganglien) setzen noch ihre Thätigkeit fort. Darum pulsiren dem Tode



geschnittene Herzen noch einige Zeit. Besonders lange thun das die Herzen hiere. Endlich ermüden sie, ihre Kontraktionen werden langsamer, schwächer, Anziehungen der Kammern hören zuerst, endlich auch die der Vorhöfe auf. Reizung: Berühren, Stechen, Elektrizität, Wärme etc. lassen sich die Kontraktionen wieder hervorrufen. Die Reize wirken leichter von der Innenfläche aus. Namentlich durch Einspritzen warmen, geschlagenen Blutes in die Juxta-arteria in die Herzgefäße kehrt die erlahmende oder schon sistirende Herzbewegung zurück.

Die Beobachtungen der Bewegung der Froschherzen in Gasen anzuführen, die in den Versuchen über das Verhalten der Muskeln und Nerven in Gasen über-

Am längsten ist das ausgeschnittene Froschherz in reinem Sauerstoff thätig, in Stickstoff, Wasserstoff und in dem Vacuum der Luftpumpe (BERNSTEIN u. A.); in Schwefelwasserstoff etc. sistiren die Herzbewegung sehr schnell. Selbst-

man muss bei solchen Versuchen das Herz vor Verdunstung geschützt sein. Ueber die Ursachen der automatischen, rhythmischen Thätigkeit des Herzens wissen wir nicht, wir wissen nur, dass der Ablauf der Herzthätigkeit bei Warmblütern an der Gegenwart sauerstoffhaltigen Blutes in dem Kapillarsystem der Herzsubstanz geknüpft ist. Es handelt es sich hier um die Erhaltung der normalen physiologisch-chemischen Bedingungen der Ganglien, Nerven und Muskelfasern, die bei Warmblütern nur unter der Bedingung der arteriellen Bluterneuerung bestehen kann. Bei Kaltblütern (Fröschen) sehen wir, dass die Herzbewegung vom Blute stundenlang unabhängig vor sich gehen, wenn das Blut im Herzen durch 0,7% Kochsalzlösung ersetzt hat.

Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers (bis 4° und über 30°) hören die Pulsationen der Froschherzen auf (SCHLESKE, E. CYON u. A.). Von jenen Temperaturen bis fast an die angegebene obere Temperaturgrenze steigt die Kontraktionsstärke der Herzen mit wachsender Temperatur. Eine Temperatur über 20–30°C vermindert die Stärke der Herzkontraktionen, welche bei niederen und mittleren annähernd normal ist. Ueber Temperaturreizung siehe noch im folgenden Paragraphen.

### Die nervösen Bewegungskentren im Herzen.

Ein ausgeschnittenes Herz, getrennt von allen Verbindungen mit dem übrigen Nervensystem, seine Thätigkeit noch fortsetzt, so muss es seine Bewegung in sich selbst tragen.

Man findet in der Muskelsubstanz des Herzens, namentlich in der Scheidewand und an der Grenze der Kammern und Ventrikel mikroskopische Ganglien, welche durch Nervengeflechte mit einander verbunden sind, so dass man als Bewegungskentren des Herzens anspricht. Auch im Hohlraum an der Hinterwand der Kammer finden sich solche Ganglien.

Ueber die Thätigkeit der Ganglien bei der Herzpulsation wird vor allem durch die vielfältig angestellten »Schnittversuche« am Froschherzen geführt. Nach dem Abtrennen des Herzens ist der rhythmischen Zusammenziehung nur diejenigen, welche gangliöse Nervencentren enthalten. Diese werden durch den Schnitt fort, während die ganglienfreien Herzabschnitte, z. B. die Vorhöfe, geschnitten in diastolischen Stillstand verfallen (VOLKMANN, BUDEN), auf direkte momentane Reizung nur eine einmalige unrythmische Kontraktion zeigen.

Die Versuche von STANNIUS, v. BEZOLD, GOLTZ u. A. bestätigten die älteren Angaben und scheinen noch die weitere Thatsache zu ergeben,

dass die Ganglien der einzelnen Herzabschnitte eine verschiedene Wirkung ausüben. Die Ganglien in der Vorhofsscheidewand scheinen eine hemmende Wirkung auszuüben (Vagus), die anderen Ganglien eine beschleunigende Wirkung auszuüben (cf. unter Sympathicus).

Die Hauptversuchsergebnisse, auf welche sich diese Annahme stützt, sind:

Wird die Spitze von der Kammer des Froschherzens abgeschnitten, so steht die Spitze still, die Kammerbasis pulsirt fort. Wird der Schnitt zwischen der Kammer und Vorkammer geführt, so schlagen die Vorkammern, während die Kammer entweder erschlafft, (diastolisch) stehen bleibt, viel seltener schlägt als die Vorkammer. Direkte Reize lösen meist eine Kammerbewegung aus. Bei der Unterbindung der Einmündungsstelle in die rechte Vorkammer tritt für längere Zeit Stillstand des gesammten Herzes ein, die Sinus pulsiren dagegen fort; unterbindet man nun die Atrioventrikularklappe, so tritt der Ventrikel wieder zu pulsiren (STANNIUS). Abschneiden an den Sinus wirkt analog der Abbindung (v. BEZOLD). GOLTZ zeigte, dass diese Analogie nur dann besteht, wenn die Schnittführung mit Abhaltung des Luftreizes von der Wunde geschieht. Der letzterwähnte Wiedereintritt der Ventrikelkontraktionen lässt die gedehnte Annahme zu begründen, dass in den Vorhöfen bewegungshemmende Centren und in den Ventrikeln dagegen die eigentlich rhythmischen Centren liegen. Letztere die hemmenden Wirkungen überwiegen, nach dem Abschneiden der hemmenden Centren von den Sinus abgetrennte Rest der rhythmischen Centren nicht mehr im Stande sein, die Hemmung zu beseitigen.

Im Allgemeinen ist deutlich, dass die einzelnen Herzabschnitte um so mehr ihren rhythmischen Bewegungen sind, je mehr sie sich der Einmündung nähern. Mit Recht hat man darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Erscheinungen nach Schnittversuchen erklärt, wenn man den eintretenden Reiz einer Verletzung und Reizung der zu den Vorhöfen tretenden Nerven ableitet (cf. folgenden Paragraph). Damit stimmt es überein, dass der Stillstand nach Unterbindung oder Abschneidung der Sinus nur ein vorübergehender ist.

Plötzliche Einwirkung höherer Temperaturen bewirkt auch an Froschherzen noch die Erscheinung der Vagusreizung (E. CYOS). Wurde aber das Herz sehr stark abgekühlt, so beschleunigt im Gegentheil die plötzliche Temperaturerhöhung die Herzbewegung sehr bedeutend, schliesslich bis zum Stillstand in Systole. Beobachtung ganz entsprechend ist die weitere auch von CYOS gemachte Beobachtung, dass der Stillstand des Herzes durch Warmwirkung die Reizung am Sinus nicht mehr hervorgerufen wird (Vagusreizung) in Diastole, sondern in Systole hervorruft (nach Vaguslähmung).

### Die Herznerven.

Ausser durch die im Herzen selbst gelegenen nervösen Be- (Ganglien) wird die Herzbewegung noch durch das Geflecht der Nerven beeinflusst, so lange noch die normalen Nervenbahnen zum Herzen führen. Das Herznervengeflecht stammt einerseits vom Nervus vagus, andererseits vom Hals- und obersten Brusttheil des Grenzstranges des Sympathicus. In den Herzen tretenden Vaguszweigen mischen sich auch ursprünglich accessorische Fasern bei. Diese Nerven und ihre im Gehirn und Rückenmark gelegenen Centren rufen, wie wir sahen, die Herzbewegungen nicht selbst hervor, ihr Einfluss erstreckt sich auf Abänderung der Frequenz und der Stärke der Herzkontraktionen.



Herzkontraktion steht unter zwei entgegengesetzt wirkenden Einflüssen. Der eine, vom Vagus ausgehend, verlangsamt bei stärkerer Einwirkung die Herzaktion in Diastole; der andere beschleunigt die Herzbewegung und führt bei extremer Wirkung, besonders bei Ausschluss des Vagus-Einflusses, zum Stillstand des Herzens in Systole: die regulierenden Herznerven (z. Thl. Sympathicus). Beide Nerven üben auf den Herzschlag verlangsamen-, hemmenden (der Vagus wird als parasympathischer bezeichnet), sowie die excitirenden Nerven sind als regulierende Nerven zu bezeichnen.

Die Nervenbahnen werden normal dem Vaguscentrum (in der Medulla oblongata) reflektorisch Reize zugeleitet, welche den Vagus bei Säugern und Menschen beständig so weit verengen, dass er einen verlangsamen- auf die Herzaktion ausübt. Nach der Durchschneidung des Vagus bei Säugethieren nimmt die Zahl der Schläge des Herzens, das nun von der reflektorischen Hemmung (Vaguscentrum) abgeschnitten ist, bedeutend zu. ED. WEBER machte die Entdeckung, dass künstliche Reizung des peripherischen Vagusstumpfes die Herzbewegung wieder verlangsamte und zum Stillstand des Herzens in Diastole führt, wobei sich das Blut füllt. Nach einiger Zeit beginnt auch bei Fortdauer des Reizes, wieder das Herz wieder zu schlagen. Auch während des Vagus-Stillstandes ist das Herz reizbar, örtliche direkte Reizung des Herzens bewirkt dann eine normale rhythmisch verlaufende Herzaktion.

ED. WEBER und SCHIFF behaupten, dass die herzhemmenden Fasern dem Vagus mit dem N. accessorius beigemischt seien. Einige Tage nach dem Ausschneiden des Vagus im Foramen jugulare zeigt der Vagusstamm, dessen hemmende Fasern in dieser Weise gelähmt wurden, keine hemmende Wirkung mehr auf das Herz, und der intakt gebliebene Vagusstamm der anderen Halsseite eine ungeschwächt erkennen lässt. Nach HEIDENHAIN soll das Ausreißen der herzhemmenden Fasern, wie es die Annahme, dass sie die Hemmung besorgen, erfordert, meist von einer Beschleunigung der Herzthätigkeit gefolgt sein, welche durch das Ausschneiden des Vagusstammes selbst. SCHIFF leugnet dagegen diese Wirkung.

ED. WEBER, der Entdecker der Hemmung der Herzbewegung durch die Vagusnerven, glaubte, im Gegensatz zu den regulatorischen Wirkungen des Sympathicus, dass die motorischen Fasern, welche zu dem Herzen treten, als die motorischen Herznerven auffassen zu müssen. Von dem Sympathicus gehen Bewegungsimpulse aus, welche von dem Vagus in ihrer Stärke aufeinanderfolge beeinflusst werden. Nach der Durchschneidung des Vagus fällt dieser regulirende Einfluss weg, und das Herz steht nun noch unter dem eigentlich motorischen Nerveninflüssen.

A. VON BEZOLD'S Untersuchungen ist es nun festgestellt, dass im Hals-Sympathicus wirklich Fasern verlaufen, welche durch ihre Reizung die Herzbewegung beschleunigen. Reizt man den Sympathicus im Hals, so tritt eine Beschleunigung der Herzaktion ein, welche nur dann geltend machen kann, wenn die Herzbewegung schon vorher aus anderen Ursachen (nahezu) das Maximum ihrer möglichen Beschleunigung erreicht hat, wie das bei Kaninchen manchmal beobachtet wird.

Ein Centrum excitirender Fasern für die Herzbewegung liegt BEZOLD in der Medulla oblongata. Ihre Reizung bewirkt eine Beschleunigung der Herzschläge, wenn eine nervöse Verbindung mit dem Herzen durch das Rückenmark, die zum Grenzstrang der Sympathikus gelangenden Rami communicantes, das Ganglion stellatum (erstes Brustganglion) und den Grenzstrang des Halses selbst und M. und E. CYON haben die Existenz dieses Excitaments für die Herzbewegung neuerdings bewiesen, als es durch THURY's Beobachtungen bestritten wurde. Diese zeigten, dass nach Durchtrennung aller Herznerven durch Reizung der Medulla oblongata eine Beschleunigung des arteriellen Strombettes bewirkt und in Folge davon durch Steigen des Blutdruckes (cf. oben S. 400) die Herzbewegung beschleunigt wird. M. ist im Stande, diese Wirkung vom verlängerten Marke auf die Bluthäufigkeit im Herzen aufzuheben, dass man die hier vor allem in Frage kommenden Ganglien der Splanchnici, durchschneidet. Auch dann tritt noch ohne Drucksteigerung eine Beschleunigung der Herzbewegung ein. Auch ist bei erhaltenen Splanchnici der beschleunigende Einfluss der Reizung der Medulla oblongata ein starker, wenn die Herznerven intakt, als wenn sie durchschnitten sind. Die wichtigsten Herznerven gehen erst unterhalb des zweiten Brustwirbels von dem Rückenmark ab. BEZOLD durchschnitt das Rückenmark über ihrem Abgang, und nach Reizung des oberen Rückenmarks-Endes zwar noch Beschleunigung der Herzbewegung, aber keine Drucksteigerung mehr im arteriellen System.

Die excitirenden Nerven treten nach BEZOLD's Versuchen oberhalb des zweiten Brustwirbels vom Rückenmark zu dem Plexus cardiacus ab. Beim Kanarienvogel durch das unterste Halsganglion und die zwei obersten Brustganglien des Grenzstranges zum Herzgeflecht gelangen.

Die Reizung des Vaguscentrums geschieht normal direkt oder reflekt. Sauerstoffmangel und die dadurch gestörte Ernährung bewirkt im Vagus Accessoriuscentrum einen Reizzustand, der die Herzbewegung verlangsamt, eine Zeit ganz aufheben kann (in Diastole). Diese Beobachtung kann eine Aufklärung des normalen Athmungsvorganges machen; dass nicht etwa sich Kohlenäure als Reiz wirkt, scheint daraus hervorzugehen, dass das Herz bei Wasserstoff dieselbe Erscheinung zeigt. Zur Realisirung des Einflusses vom Vagus aus muss natürlich die Verbindung desselben mit dem Herzen, der Vagusstamm, intakt sein. Dasselbe Postulat gilt für die Demonstration der reflektorischen Erregung des Vaguscentrums in der Medulla oblongata. GOLTZ beobachtete zuerst einen reflektorischen Einfluss mechanischer Reizung der Baucheingeweide beim Frosch (Klopfversuch). Die Nervi enthalten die Fasern, deren Erregung hierbei wirksam wird. LUDWIG und GOLTZ durch Reizung der verschiedensten sensiblen Nerven bei Warmblütern, v. B. u. A. durch Reizung des Vagus der einen Seite, BERGSTEIN durch Reizung des Halsstrangs des Sympathikus das Vaguscentrum reflektorisch erregen. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, dass der sympathische Grenzstrang durch communicantes Fasern an das Rückenmark abgeht, welche in diesem aufsteigend zum Vaguscentrum gelangen.

Der Einfluss der Gemüthsbewegungen auf die Herzaktion ist in einem momentanen Herztillstand, der wohl vom Vagus aus reflekt. theilweise bedingt wird, andererseits tritt bei Erschrecken, Angst eine Beschleunigung der Herzaktion ein, welche vielleicht durch plötzliche Verengung der Arterien und dadurch gesteigerten Blutdruck hervorgerufen wird. Das primäre Erblässen der Haut bei Schreck



Durch diese Ursache Arterienverengungen eintreten können. Doch lässt die Erfahrung nach dem oben Gesagten verschiedene Deutungen zu.

**Beschleunigung der Herzbewegung nach Vagusdurchschneidung**, welche wirkungslos bald man alle das Vaguscentrum reflektorisch erregenden Nerven vorher durchhat (BERNSTEIN), zeigt, dass das Vaguscentrum beständig und zwar zunächst reflektiert wird. Jedoch braucht man sich diesen reflektorischen Erregungszustand nicht rothen (tonisch) vorzustellen. Bezold hat gezeigt, dass eine in mässig schnellem erfolgende Vaguserregung zur Einleitung der hemmenden Wirkungen schon

aus und PRABL bestimmten die Zeit, welche verläuft, bevor nach der Vagusreizung langsamende Wirkung beginnt: Latenzstadium. CZERNIAK kann an sich selbst den mechanisch durch Druck reizen, elektrisch gelingt seine Reizung am Menschen leicht.

**Anatomie der Herzganglien und Nerven.** — Die vom Plexus cardiacus abtretenden Nerven liegen bei Säugethieren unter das Perikardium und in das Septum ventriculi, wo sie in der Muskelmasse verlaufen, unabhängig von der Gefässverbreitung. Doppelt konzentrisch sind meist nur spärlich vorhanden. Die Nerven sind in Verbindung mit Ganglienzellen, die aber nirgends makroskopische Ganglien bilden. Die meisten Ganglien zeigen den Bau der sympathischen Zellen, sie sind unipolar, aus demselben Pole tritt ausser der geraden Faser auch die ARNOLD-DEALE'sche Spiralfaser (cf. GOLTZ). Andere Zellen sind bipolar, und eine dritte Gattung sind die auch anderweitig vorkommenden unipolaren Zellen in bipolarer Anordnung. Zwei birnförmige Zellen liegen in einer gemeinsamen Scheide, mit den flachen, dem Pole entgegengesetzten Seiten der gepresst. Von dem spitzen Ende tritt beiderseits die einfache Nervenfasern ab (GOLTER-SEYDEL). Was das Verhalten der Nerven zu den Ganglienzellen betrifft, so betont KOLLIKER, dass der Vagus zu ihnen in keine Beziehung trete, dagegen hat BINDER die Ansicht vertreten, dass die Spiralfasern der Ganglienzellen des Herzens dem Vagus angehören, während die geraden Fasern zur Ausbreitung in der Peripherie bestimmt sind. CZERNIAK hat auch in der Herzmuskulatur (Herzohr des Kalbs) Ganglienzellenhaufen gefunden. FRIEDLÄNDER findet in jedem pulsirenden Muskelstückchen des Froschherzens Ganglienzellen. Andere Autoren gehen dagegen aus der Herzmuskulatur negative Resultate an. KOLLIKER und KRAUSE endigen die Nerven im Herzen wie in willkürlichen Muskeln, in blossen, kernhaltigen Endfasern an die Muskelfasern herantretend (KOLLIKER) und in scheinbaren Endplatten (cf. Muskel) endigen (KRAUSE). Eine Endigung in den Muskeln wie sie FRANKENHAUSER für die glatten Muskeln behauptete, konnte SCHWEIGGER-SEYDEL im Herz nicht nachweisen. Im Perikardium und Endokardium finden sich Nerven, analog denen in serösen Membranen, in der Bindegewebsschicht zwischen Endokardium und Muskulatur sind gröbere Nervenverbreitungen (SCHWEIGGER-SEYDEL, SCHMULEWITSCH).

**Sensible Fasern des Herzens** — das Herz ist empfindlich — verlaufen beim Menschen im Vagus, bei den Säugethieren kommen noch andere sensible Fasern dazu, deren wahrscheinliche im Splanchnicus sich finden (GOLTZ).

**Entwicklungsgeschichte.** — Das Herz tritt zuerst als eine Verdickung der Faserwand des Darmes auf, welche von diesem sich ablost und sich bald zu einem anfangs gestülpten Schlauche umwandelt. Nach SCHENK und OELLACHER geschieht diese Umwandlung insofern, dass sich die zum Herzen werdende Partie der Darmfaserwand an der Bauchfläche des Darmes vom Drüsenblatte abhebt, in den Spaltungsraum des mittleren Keimblattes: Kardinal- oder Herzhöhle hinein sich umstülpt und später zu einem geschlossenen Schlauche abschnürt. Die Anlage ist also von Anfang an hohl, enthält aber in ihrem Innern Zellmassen, von denen die peripherisch gelegenen zum Endokardium, die übrigen zum Myokard werden. Auch die Perikardialhöhle enthält der dickere Zellmassen, welche wahrscheinlich den Epithelbeleg des entstehenden Herzschauchs liefern. — Der anfangs gerade Herzschauch entsendet aus seinem vorderen Ende den Arcus aortae, während er auf der entgegengesetzten Seite zwei Venae omphalo-

zeigt, wie sie schon längst in dem embryonalen Zustande des Herzens den waren. Bei den Teleostern ist die Muskulatur des pulsirenden Truncus sterni während sie bei den übrigen Fischen und den Batrachiern quergestreift ist (4).

Ausser dem Herzen können auch noch andere Abschnitte des Gefässsystems Muskulatur besitzen: die peripherischen Herzen (LEYDIG). Myxine und haben ein Pfortaderherz, bei letzterem findet sich auch ein Venenherz für das Blut. Nach RETZIUS und J. MÜLLER sind auch die Anfänge der Kiemenarterienbogen kontraktile. Im Schwanz des Aals findet sich ein erweiterter pulsirend rhythmischen Bewegungen der Venen in den Flügeln der Fledermäuse (W.), grosseren Arterien im Ohr des Kaninchens (SCHIFF) beruhen wohl auf gleich die auch der Pulsation fähig ist.

Vollkommen abweichend von dem Verhalten der Cirkulationsapparate der thiere verhält sich Amphioxus. Ihm fehlt ein Centralorgan der Cirkulation, dagegen erscheinen alle grösseren arteriellen und venösen Gefässstämme so, dass hierin eine Stelle das wie bei den übrigen Wirbelthieren in sich geschlossenes systemes vor einer anderen bevorzugt erscheint. Das Verhalten erinnert an die sich findenden Einrichtungen.

Ein Hauptunterschied zwischen dem Cirkulationscentrum der Wirbellosen besteht darin, dass bei ersteren das Herz aus einem ventralen Gefässsystemes entsteht, während bei den Wirbellosen das Centralorgan der Cirkulation dem Dorsalgefässstamm oder einem Theile desselben sich bildet (GAST). findet sich bei den Tunicaten ein wahres Herz, das mit dem der Wirbelthiere hat. Bei den niedersten Wirbellosen, Protozoen, fehlt mit einer dem Ernährungsflüssigkeit auch das Herz und die übrigen Kreislaufsorgane. Hier die Bewegung des Protoplasma, welche zum Theil durch allgemeine Körperbewegung wird, an Stelle der Cirkulation. Bei den Coelenteraten ist eine Trennung Verdauungsröhren und den Blutgefässen noch nicht eingetreten, der im Magen Chymus wird direkt durch Kanäle oder taschenförmige Bildungen dem Körper geleitet. Man bezeichnet dieses gemeinsame Organ als: Gastrovasculare. steht derselbe aber auch durch das dem Chymus beigemischte Wasser, das im Körper vertheilt, respiratorischen Zwecken vor. Auch bei den niedersten Wirbellosen die Ernährungsflüssigkeit, ohne eigene Bahnen zu besitzen, durch endosmotisch von dem öfters noch verzweigten Darmkanale (Planarien, Trematoden) direkt den Organen zugeführt. Auch bei den Räderthieren und Bryozoen fehlt noch ein Gefässsystem, die Ernährungsflüssigkeit findet sich frei in einer Leibeshöhle und die Kontraktionen des Körpers oder des Tentakelapparates in unregelmässiger gesetzt. Bei Polygordius tritt als Anfang eines Gefässsystems ein dorsaler Medusoid meist blindendigenden Querast auf. Bei den Würmern mit rothem Blut einfache, doppelte und mehrfache Gefässstämme, welche sich abwechselnd bald zusammenziehen und dadurch das Blut in Bewegung setzen. Die Kontraktionen der Gefässstämme schreitet peristaltisch vorwärts, wodurch in den Längsgefässen Bewegung entsteht, bei den Hirudineen, bei denen die Hauptstämme lateral (4) horizontal, bei den Lumbricinen u. a., wo die Hauptstämme oben und unten in lateraler Richtung. Zu gleicher Zeit wird das Blut abwechselnd durch die Quergefässe zur anderen Seite geworfen, indem der eine Stamm sich füllt, während der andere abtrahirt, wie man das bei *Hirudo vulgaris* beobachtet hat (J. MÜLLER, Fig. 111). Tunicaten hat, wie schon erwähnt, das Herz eine ventrale Lage, es erscheint als ein langlicher Schlauch. Bei den Appendicularien bewegt es das erst frei in der Leibeshöhle fließende Blut. Bei den Ascidien biegt sich beiderseits das Herz in je ein Gefäss in ein Lakunensystem, das den Leib durchzieht, in Verbindung treten. Bei sich dagegen ein ausgebildetes Gefässsystem mit dem Herzen in Verbindung. Bei den katalen ist die Richtung des Blutstroms eine wechselnde. Hat das He-



n nach der einen Richtung ausgeführt, so tritt eine momentane Pause ein, altischen Bewegungen des Herzschlauchs erfolgen nun in der entgegengesetzten selbe hat J. McLELLAN bei *Hirudo vulgaris* beobachtet, lbe kontraktile Gefässstamm macht seine peristaltischen bald in der einen, bald in der anderen Richtung, sodass Richtung der Blutbewegung abwechselt. Bei den Echi zeigt der Kreislaufapparat im allgemeinen eine radiäre ingkanal umkreist meist den Anfangs-, ein anderer den Darmkanals, beide werden durch einen kontraktilen erbindung gesetzt, der als Herz funktioniert. Von den en treten radiäre Aeste ab. Ausserdem besitzen diese einen Gefässapparat, welcher mit dem Blutgefässsystem erbindung steht, und dessen in die Augen fallendste der Einführung von Wasser in den Körper besteht: ässsystem.

rthropoden findet sich als Herz ein dorsaler kon- ssstamm, der fortgesetzt nach ein und derselben Rich- bewegt, sodass ein Kreislauf aus arteriellen und venösen teht. Das aus dem Herzen in arteriellen Gefässen ab- ut ergiesst sich entweder durch ein Rudiment eines ammes oder durch einige Hauptstämme sofort frei in le, oder es finden sich feine arterielle Verzweigungen n. Die venösen, zum Herzen zurückführenden Wege egen, auch wenn sie zu feineren, regelmässig vertheil- werden, besondere Wandungen und stehen mit dem in direkter Verbindung. Sie münden in einen das Herz Blutbehälter, Perikardialsinus, aus dem das Blut durch e, meist paarig vorhandene Oeffnungen von verschied- das Herz zurücktritt.

Husken scheint ein als Herz fungirendes Centralorgan zuzukommen, bei den Brachiopoden findet es sich aber nen Abschnitten des Gefässsystems. Analog wie bei den ist auch bei den Mollusken das Gefässsystem nicht ganz , obwohl (Cephalopoden) kapillare Verzweigungen auf- . Doch tritt hier das Blut nicht durch Spalten, sondern durch wahre Gefäss- las venöse Blut aus den Gewebslücken sammeln, in das Herz zurück. Bei den igen der Otokardier ist das Herz in Kammer und Vorkammer geschieden einer besonderen Höhle, dem Herzbeutel umschlossen. Der Kammer wird von zwei, bald von einer Vorkammer zugeführt, und sie entsendet es wieder se nach durch einen, dem Vordertheile des Körpers zu laufenden grösseren n, eine Aorta. Ein für die hinteren Körpertheile und Eingeweide bestimmter n entspringt entweder direkt aus dem Herzen: Aorta posterior, bei den Lamelli- nd Cephalopoden, oder er zweigt sich (Cephalophoren) von der Hauptaorta als or ab (Fig. 442).

wird aus den Venenräumen zunächst den Athmungsorganen zugeleitet, von em Herzen zurückkehrt, sodass das Herz nur arterielles Blut erhält, es ist ein

Das Herz der Gasteropoden stimmt im Bau gewissermaassen mit dem Herzen ierembryonen und Fische überein. Der wesentliche Unterschied zwischen ist aber, wie schon oben angedeutet, der, dass die letztbeschriebenen Herzen rsalen Langsstamm sich entwickeln. Das Gefässsystem der Mollusken schliesst das der Würmer mit dorsalem kontraktilem Gefässe an, und die sogenannte

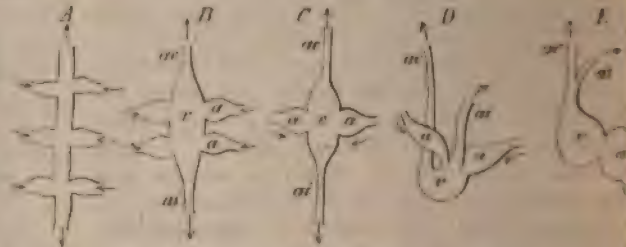
Fig. 444.



Vorderer Abschnitt des Blutgefässsystems einer jungen *Saenuris variegata*. d Dorsalgefäss. v Ventralgefäss. c Herzartig erweiterte Quoranastomose. Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstroms an.

Kammer erscheint als differenzirter Abschnitt eines dorsalen Längsstammes. selben einmündenden Vorkammern sind modificirte Querstämme. GEGENSTÄNDLICH

Fig. 442.



Schematische Darstellung zur Vergleichung der Modifikationen der Circulationsorgane bei Mollusken. A Theil des Dorsalgefäßstammes und der Querstämme eines Wurmes. B Herz von Nautilus. C Herz und Vorhöfe eines Lamellibranchiaten oder Loliginen. D Herz eines Octopus. E Herz und Vorhof eines Gastropoden. v Herzkammer, a Vorkammer, ar Arter. abdominalis. Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstroms an.

Die Herzen erhalten ihre Fähigkeit, das Blut in einer bestimmten Richtung zu können, durch Klappeneinrichtungen. Bei den Wirbelthieren sind meist einfache Duplikaturen des Endokardiums. Die starke Klappe im rechten Vogel und des Schnabelthiers besteht dagegen aus quergestreifter Muskulatur. Die Klappe zwischen Sinus venosus und Vorhof bei Leuciscus und wohl auch bei Leydig. Das Krokodil besitzt rechterseits nur eine Atrioventrikularklappe, Kammercheidewand ansitzt, von der anderen Seite springt die Muskelwand lippenförmig vor. Bei Fischen finden sich ausser den taschenförmigen, arise noch mehrere Reihen schmaler Klappenplättchen, deren Umschlagen nach Schenkel verhindert wird. Die klappenartigen Vorrichtungen im Herzen sind (Leydig) entweder auch Duplikaturen der Intima hie und da mit Musklungen eigenthümliche zellige Gebilde als Klappen. So verrichten nach Leydig die ersten Kammer des Herzens der Larve von *Corethra plumicornis* sechs bis sieben, beweglicher Zellen die Dienste von Klappen. Sie stehen alternirend höher als die andere, wodurch bei der Systole des Herzens je zwei Klappen hintereinander zu liegen kommen und das Kammerlumen vollständig absperrt.



## Zwölftes Kapitel.

# Die Blutbewegung.

### II. Die Blutgefäße.

#### Nerveneinflüsse auf die Weite der Blutgefäße.

Im Herzen wird das Blut in dem Moment, wenn der Blutdruck in den anziehenden Herzkammern den Druck in der Aorta übersteigt, in die Aorta gepresst.

Arterien und Venen sind Röhren von cylindrischem Querschnitte mit mehr oder weniger dicken, sehr elastischen Wandungen, welche durch eingelagerte Muskelfasern die Fähigkeit erhalten, sich aktiv, durch nervösen Ein- und Ausströmen zu kontrahiren und zu erweitern. Wir haben also zwei Momente zu unterscheiden, welche auf den Durchmesser der Gefäßlichtung von bestimmendem Einflusse sind: die Elasticität und die aktive Kontraktilität, welche bei den kleineren Kalibers, viel entwickelter ist als bei den größeren. Doch fehlt sie auch den Kapillaren nicht.

Im normalen Zustande befinden sich die Gefäße beständig unter einem ihre Weite bestimmenden (ununterbrochen wirkenden) Einfluss der Gefäßnerven. BERNARD machte die Beobachtung, dass nach Durchschneidung des Sympathikus sich die gesamten Gefäße der anliegenden Extremitäten erweitern. An den Ohren besonders weisser Kaninchen, welche man durchsichtig machen lässt, beobachtet man bei einseitiger Durchschneidung des Sympathikus die eingetretene Erweiterung der Gefäße, die Röthung, die vermehrte Wärmeabgabe in Folge der vermehrten Blutzufuhr direkt im Vergleich mit der normalen Ohre der anderen Kopfseite. Ebenso wirken die Durchschneidungen der Gefäßnerven an anderen Abschnitten des Gefäßsystemes. Reizung der peripherischen Enden der durchschnittenen Gefäßnerven, bringt eine Erweiterung wieder verschwinden und bringt eine Gefäßverengung, welche von einer Verminderung der Wärmeabgabe begleitet ist.

Während des Lebens sind die nervösen Beeinflussungen der Gefäße sehr wichtig. Sie sind es vor allem, wodurch die Blutvertheilung im Körper je nach dem Bedürfniss der Organe geregelt wird. Organen, welche eine gesteigerte Blutzufuhr bedürfen, wie den arbeitenden Muskeln, secernirenden Drüsen, dem Uterus, dem Ovarium während der Eireife wird eine gesteigerte

Menge Blut zugeführt. Man weiss, dass von sensiblen Hautnerventhorisch ein Reizzustand auf die Gefässnerven ausgeübt werden kann bei Reizen, die die äussere Haut treffen, z. B. durch Kälte, zuerst torische Erregung der Gefässnerven eine tetanische Kontraktion und der Hautgefässe eintreten, welche von einer sekundären Erweiterung in Folge der Ermüdung der Gefässmuskulatur. An der Haut des Menschen diese beiden Zustände durch die eintretende Blässe oder Röthelztere mit gesteigerter Wärmeabgabe verbunden ist, direkt beziehliche reflektorische Einwirkungen auf die Gefässnerven müssen wir arbeitenden Drüsen annehmen, so erfolgt ein Reflex von den sensiblen der Magenschleimhaut, welche durch die aufgenommenen Nahrungsmittel mechanisch oder chemisch erregt werden, auf die motorischen Nerven ihrer Drüsen, wodurch letztere erweitert werden. Andererseits in Folge der Arbeitsleistung der Organe, Zersetzungsprodukte in diesen durch ihre chemische Wirkung als Säuren oder Alkalien, direkt die verlaufenden Nerven in ihren Lebenseigenschaften beeinflussen. Das erweiternde Moment ist vor allem noch die gesteigerte Temperatur und auch psychische Alterationen vom Gehirne aus auf die Gefässnerven können, beweist die Blässe des Schreckens und umgekehrt die Röthelztere. Ludwig und Cyon fanden, dass die Reizung gewisser sensibler Nerven ganz besonders im Stande ist, die tonische Kontraktion der Gefässnerven zusetzen oder aufzuheben. Man nennt diese Nerven oder Nervenfasern reflektorische. Sie sammeln sich bei einer Reihe von Thieren in einem Ramus depressor. Doch sollen auch in dem Vagusstamm depressorische Fasern verlaufen. Im Laryngeus superior und im Hals sympathikus verlaufen Fasern, welche reflektorisch die Gefässspannung steigern (Ataker).

In der Medulla oblongata scheint ein Centralorgan der vasomotorischen Nerven zu liegen. Nach den Beobachtungen Ludwig's wirkt seine Reizung, so lange Rückenmark und Sympathikus intakt, eine Verengerung sämtlicher feineren Arterien mit Erhöhung des Blutdruckes in den Arterienstämmen und Erweiterung des Herzens. Da durch die vasomotorischen Nerven die Arterien erweitert, so müssen wir uns ein Centralorgan in beständiger (tonischer) Erregung denken. Auf die Durchtrennung der Rückenmarks in der Cervicalgegend folgt eine allgemeine Erschlaffung der Arterien, sodass dann alle Gefässnerven durchschnitten erscheinen. Man kann also sagen, dass die beständige Erregung des Gefässnervencentrums durch die Reizung des Blutes ausgeübt wird, da man bei erstickenden oder mit Kohlenoxyd gifteten Thieren eine regelmässig intermittirende Ab- und Zunahme des Blutdruckes in den Arterien eintreten sieht (Thiry und L. Traube).

**Verstümmelte Bemerkungen.** — Allgemeine Kontraktion der Körperarterien tritt ein, wohl durch Reizung des vasomotorischen Centrums. Geht in Folge davon die Kontraktilität der Arterie verloren, sodass diese in eine mehr oder weniger weiche Rohre verwandelt wird, so wird dadurch die Ernährung der von ihr versorgten Organe meistens bald beeinträchtigt, da die Zufuhr von Blut nun nicht mehr einen gesteigerten Stoffwechselbedürfniss entsprechend vermehrt werden kann.

Die aktive Kontraktilität der Arterien ist am Pulse nicht betheiligt. Die spontanen Bewegungen der Arterien im Kaninchenohr (Schütz, cf. S. 44) zeigen Vorkommnissen absehen, doch sehen wir nach dem Aufhören der He-



Entleerung der Arterien in die Venen eintreten (v. BEZOLD), worauf die Leere der Arterien der Leiche beruht. Diese Kontraktionen erfolgen wahrscheinlich auf Reizung des motorischen Centrums durch das vor dem Aufhören der Athmung venös gewordene Blut. Die motorischen Nerven verlaufen theils im Sympathikus, theils aber auch in Bahnen. Im Halsstrang des Sympathikus verlaufen die Gefässnerven der Kopf-Konjunktiva, der Speicheldrüsen (BERNARD). Von den Rami communicantes des Hals gehen die Gefässnerven für die unteren Extremitäten in die vorderen Wurzeln des Rückenmarkes ein (BERNARD, PFLÜGER). Für die oberen Extremitäten verlaufen sie durch die mittleren Dorsalwurzeln zum Grenzstrang, von da zum ersten Brust- und gelangen durch die Rami communicantes zum Plexus brachialis. Das Gefäss-Netz des Baucheingeweide, welche so erweiterungsfähig ist, dass er fast die gesamte Leere des Körpers z. B. nach Pfortaderunterbindung beherbergen kann, erhält nach der Angabe von BEZOLD seine Fasern jederseits vom Splanchnicus, der also der wichtigste Gefässnerv ist. Reizung der Nervi erigentes bringt am Penis eine Erweiterung der Arterien hervor. Die Reizung des Splanchnicus bewirkt wie jede Steigerung des Blutdrucks (cf. S. 400), eine Vermehrung, seine Durchschneidung, wie die Durchschneidung des Rückenmarks, aus dem entgegengesetzten Grunde Verminderung der Pulsfrequenz (LUDWIG).

### Der anatomisch-physiologische Bau der Blutgefässe.

Der Bau der Gefässe hat zweien sich widersprechenden Zwecken zu dienen. Das Blut zuerst vom Herzen aus in geschlossenen Röhren den Organen zuzuführen. Bis dorthin, wo es seine Funktionen zu erfüllen hat, darf es nicht in das Gewebe in keinen Diffusionsverkehr kommen, da es sonst durch Abgabe und Aufnahme von Stoffen für den Ernährungszweck untauglich geworden wäre, bevor es den Ort seiner eigentlichen Bestimmung erreicht. Die lebendigen grösseren und grössten Gefässe müssen daher für Flüssigkeiten ganz ungeeignet sein, wenn es diesem Leitungszweck genügen soll. Diess ist vollends der Fall. Die Wände der grösseren Gefässe sind so vollkommen ungeeignet für Blutbestandtheile, dass sie, die beständig von Blut durchströmt werden, noch besondere Einrichtungen für ihre eigene Versorgung mit Blut besitzen. Dies sind die Vasa vasorum, die Blutgefässe für die Blutgefässwände, von denen herab zu sehr kleinen Gefässen noch nachweisen können. Ebenso ist es mit dem Herzen, das, während es fort und fort von der gesamten Blutmenge durchströmt wird, noch seine eigenen Gefässe bedarf, die seine Muskulatur mit dem Blut, das es zur Aktion nothwendigen Blutes versorgen. Erst, wenn die Gefässe den Ort ihrer eigentlichen Bestimmung erreicht haben, bekommen ihre Wände, die ihnen die Erfüllung ihres Ernährungszweckes unerlässliche Eigenschaft, den Wechsel der Blutflüssigkeit mit den Flüssigkeiten der Gewebe zu gestatten. Diese Eigenschaft kommt nur den **Kapillargefässen** zu, deren Wände, selbst wenn sie entstanden, sich noch vollkommen wie Zellenprotoplasma verhalten. Wie STRICKER sagt, Protoplasma in Röhrenform. Damit stimmt es überein, dass sie sowohl bei jugendlichen als erwachsenen Individuen kontraktile sind. Man sah die Kapillaren der Froschlurven und der Nickenhaut des erwachsenen Frosches sich soweit verengern, dass kein Blutkörperchen mehr eintreten konnte. Man kann zeigen, dass die Grenzen der die Kapillarwandung zusammensetzenden Zellen darzustellen. Es sind platte, oft zackig gerandete, kernhaltige Zellen, die die Wandung zusammensetzen. Sie sind bald mehr spindelförmig, bald

mehr polygonal. Bei den feinsten Kapillaren bildet nur eine einzige eigenen Rändern sich ringförmig berührende Zelle je eine Strecke der Wand. An weiteren Gefässchen sieht man 2—4 Zellen sich zu Wandfaltungen vereinigen. Diese Zellen entsprechen anatomisch dem Epithel der grösseren Gefässe. Man könnte also sagen, dass die Kapillaren nur aus Zellen, die in gewisser Hinsicht Epithel ähnlich sind, bestehen. Es besitzen sonach alle Gefässe ein einheitliches Zellenrohr: Tunica intima, Endothelrohr (Hrs), das bei den stärksten Gefässen noch von anderen Gewebsschichten aus bindegewebigen, elastischen, muskulösen Elementen umlagert wird: äussere Umhüllungshaut (Hennel).

An den **grösseren Gefässen** unterscheidet man drei Hauptschichten: innere, mittlere und äussere Haut. Die Tunica intima, die innerste, besteht aus dem Endothelrohr, welches nach aussen bei grösseren Gefässen in einer bindegewebigen Lage: innere Längsfaserhaut, bekleidet ist. Von ihrer Elemente deutet ihr Name an. Nun folgt eine elastische Membran, die zur Innenfläche gerechnet wird: elastische Innenhaut.

Die mittlere Schichte der Gefässwand, Tunica media, welche die Ringfaserschichte bezeichnet, da ihre Elemente vorwiegend eine ringförmige Gestalt haben, die Peripherie des Gefässes umkreisend. Hier finden sich vorwiegend organischen Muskelfasern. Auf ihrer Aussenfläche bilden elastische Elemente eine Schichte: HENLE'S äussere elastische Schichte.

Die Tunica adventitia, die äussere Gefässhaut hat wiederum Längfasern und besteht meist nur aus lockigem Bindegewebe mit spärlichen Faserzügen und Netzen.

Die elastischen Elemente der Gefässe zeigen sehr viel Mannigfaltigkeit. Es kommen hier die vielbekannten feinen elastischen Fasern vor, die sich sonst in dem gewöhnlichen lockigen Bindegewebe durch ihre sehr feinen Risse und starkes Lichtbrechungsvermögen kennzeichnen. Oft sehen diese Fasern zierliche Netze bilden. In vielen Fällen sind die Fasern zu dicken geworden, die Maschenräume der Netze dagegen eng. Nimmt die Dichtigkeit der Fasern im Verhältniss zu den Maschen noch weiter zu, so bekommt das Gefäss das Ansehen einer durchbrochenen Haut, einer gefensterten, elastischen Membran. An einzelnen Stellen verschmelzen die Fasern zu wahren, dicken elastischen Membranen (Fig. 443, 444).

Lymphgefässe sind bisher in den Gefässen noch nicht näher untersucht. Mit Ausnahme der Kapillaren sind in der Wand aller Gefässe Nervenwurzeln wiesen, die sich unter der Adventitia in ein oft sehr feines Netz aufbauen. Ganglienzellen kommen in den grösseren Nervennetzen vor, LEHRMANNS sie an der Cava inferior des Frosches.

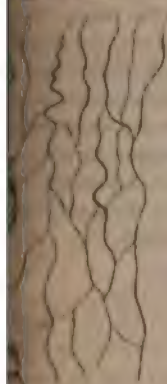
Die mittelstarken Arterien haben als allgemeine Eigenschaft eine sehr bade Media, die in viele regelmässige Schichten zerfällt. Bei den kleinsten Arterien oder Capillaren besteht die Media aus vorherrschend querlaufenden Muskelfasern und elastische Fasern fehlen in ihr. Unter dem Epithelrohr folgt (FAHR) eine elastische Membran (Fig. 445). Je feiner die Arterien werden, desto zarter wird die Media. Noch in Gefässen von 0,07—0,04 mm Durchmesser findet sich ausser dem Epithel eine Lage kontraktiler Elemente. In den mittelstarken Gefässen mischen sich in die mächtiger werdenden Muskellagen elastische Netze und Bindegewebszüge, die sich mehr und mehr ausbildende Schichtbildung in der Media entsteht. Die Media wird meist mächtiger als die Tunica intima entwickelt. Bei den stärksten Arterien erscheint



elastische Häute, Platten und Netze, welche in vielen, bis 50 Schichten, mit den Fasern abwechseln. Die muskulösen Elemente sind dabei relativ weit weniger mächtig

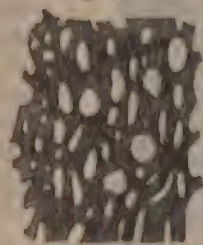
Fig. 445.

Fig. 443.



aus elastischer Fasern  
dem Peritoneum  
entnommen, 150 mal vergr.

Fig. 444.



Elastische Membran aus  
der Tunica media der Ca-  
rotis des Pferdes,  
350 mal vergr.



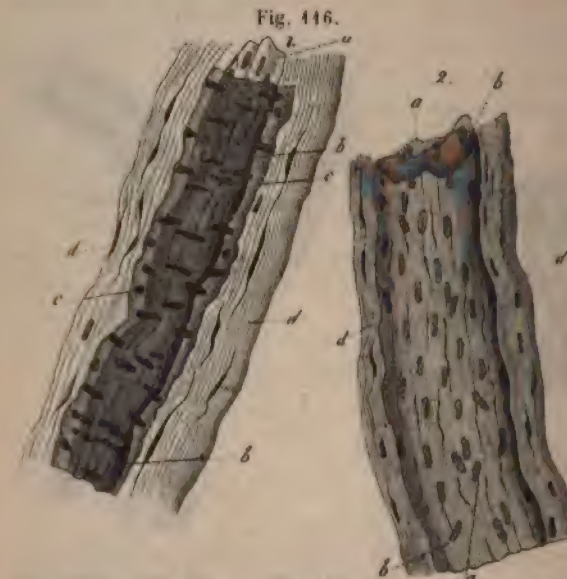
Ein arterielles Stämmchen. Bei *b* die homogene,  
kernlose Innenschicht; *c* die aus kontraktilem Faser-  
zellen gebildete mittlere; *d* die bindegewebige  
Äussere.

den mittleren und kleinsten Arterien, ihre Elemente sind klein und unentwickelt, sie keine bedeutenden Verkürzungen erleiden können. Die Adventitia der grössten ist wieder weniger entwickelt als die der mittelstarken, auch weniger scharf durch die Einfaltungen abgegrenzt.

In den querlaufenden Muskelfasern finden sich auch in den Arterien an vielen Stellen Einschlüsse. Insbesondere fand EBERTE die in ihrer Lage weniger fixirten grossen Gefässe der Baucheingeweide des Menschen und der Säugethiere: Arteria lienalis, umbilicalis und dorsalis penis durch längs verlaufende Muskelbündel ausgezeichnet, welche der Adventitia angehören. Sie finden sich an Stellen besonders häufig, wo weniger Arterien spitzwinkelig von einem Stamme abtreten. Hier haben sie wahrscheinlich Aufgabe, das Gefässlumen offen zu erhalten, wenn durch starke Verengerung der Ausströmung des Blutes behindert wird (EBERTE).

Venen sind im Allgemeinen dünnwandiger als die Arterien und weniger reich an muskulösen und elastischen Elementen, daher schlaffer und weniger kontraktile. Am wenigsten entwickelt ist der Bau der Intima, sie zeigt wie dort ein Endothelrohr, unter diesen bei grösseren Venen auch längsstreifige Fasern und starke elastische Netze, die aber kein so deutlich abgegrenztes Ansehen bekommen. Die Venenklappen sind von der Intima überkleidete Gewebsslamellen, in welche auch elastische Elemente eintreten. Doch fehlen auch in den Venen die Muskeln. Die Media der Venen hat verhältnissmässig weniger elastische Fasern und Muskeln. Es finden sich in ihr neben den querlaufenden meist auch längs verlaufende Muskelzüge (Fig. 446). Sie ist bei mittelstarken Venen ebenso relativ am besten, wie dieses auch bei den mittelstarken Arterien der Fall ist. Viel Bindegewebe findet sich stets mit den Muskelzellen. Die Adventitia ist gewöhnlich die stärkste Lage und in ihrer Mächtigkeit mit der Weite der Gefässe. Bei vielen Venen, besonders solchen oberflächlich verlaufenden, finden sich auch in ihr längs verlaufende Muskelfaserzüge eingelagert. Die

feinsten Venen zeigen keine Muskellage bis zu einem Durchmesser von  $0,01''$  gerichtete Zellen, die den Charakter der Muskelzellen annehmen, auftreten.



Zwei stärkere Gefäße aus der Pia mater des menschlichen Gehirns.  
1 Ein kleiner arterieller Stamm, 2 ein venöser; a, b Innenschicht,  
c die mittlere, d die äussere Gefässhaut.

linge, treten keine Kapillaren ein. So kommt es, dass die Kapillarnetze je nach der Gewebseinheiten bald lang gestreckte, geradlinig verbundene Maschen z. B. in Nerven, bald rundliche, engere oder weitere Netze darstellt. Das Netz der Blutzufuhr ist im Allgemeinen um so reicher, je lebhaftere Funktionen der Organen fordert. Je lebhafter die Bewegung, Empfindung, Aufsaugung, desselben ist. Sehr wichtig ist die Bemerkung E. H. WEISS's, dass im Durchschnitt der Kapillarstrecke zwischen Arterienende und Venenanfang nicht mehr als etwa  $0,2''$ , mag nun das Kapillarnetz eine Gestalt haben, welche es will. Die Strecke, auf welcher das Blut mit den Organen verkehrt, stets nur eine sehr geringe, die Thätigkeit der Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit ist auf einen sehr geringen Zeitraum auf eine sehr kurze Zeit beschränkt.

Kavernöse Gefäße bilden sich dadurch, dass sich die Gewasswand zu einem schwammigen Gewebe umgebildet wird, oder indem Anastomosen der Wand das Lumen mehr oder weniger durchsetzen. Durch zahlreiche Anastomosen ungleich weiter Gefäße wird das Gleiche erreicht, die ursprüngliche Wand wird dadurch auch zu dünnen Balkchen und Blättchen, die einen Blutraum durchziehen. Bei den Arterien finden sich solche Bildungen selten, bei Venen, bei denen hier und da Muskelbündel in die Balken mit eintreten. Die Kavernen sind vom Endothel ausgekleidet (EVERTH).

Wandungslose intercelluläre Blutbahnen finden sich bei pathologisch bei der Wundheilung. Hier entstehen nach THOMAS feine wandungslose Bahnen zwischen den Granulationszellen. Anfänglich treten plasmatische Kanäle auf, in welche plasmatische Flüssigkeit aus der aufgelockerten Wand eintritt, die auf analoge Weise wieder in die Venen zurückkehrt. Ein Theil dieser Intercellulargänge wird später zu wahren Blutgefässen, deren Wand sich

Die Venen in muskulösen Lösen eintheilen. Venen sind nach Evert: die Venen der Dura mater, die Knochenvenen, Retina, die unter der in die Cavität mündenden Venen, Vena jugularis externa, die Venen der Placenta.

Auf die Venen halten in der Bewegung kommen bei den Speculationen der Gewebe. Im Allgemeinen Gesetz, dass sie netz den Gewebe passt. In die Muskel- und Nerven die Zellen und



die Blutbahn begrenzenden Zellen gebildet wird. Die Blutgefäße treten hier also als Interzellularräume auf, auch bei der embryonalen Bildung der Gefäße, da sich der Hohlraum derselben nicht aus verschmolzenen Zellenhöhlen, sondern aus Interzellularräumen bildet.

### Der Blutkreislauf unter dem Mikroskope.

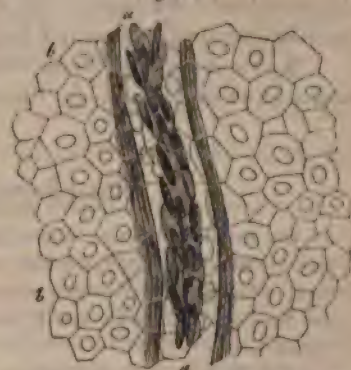
Wir die Bewegungen des Herzens am lebenden Organe selbst beobachten, so bringt uns das Mikroskop auch das prächtige Phänomen des Blutstroms und der Blutbewegung direkt zur Anschauung. Die Beobachtung des Blutstroms in den durchsichtigen Schwänzen von Froschlarven, an den Schwimmhäuten der Frösche oder an dem Mesenterium kleiner durch Aether betäubter Frösche gehört zu den schönsten Schauspielen, die uns die mikroskopische Beobachtung vorführen kann (Fig. 417). Ueber manche Einzelheiten des Blutstroms erhalten wir damit sogleich eine deutliche Anschauung. Wenn wir einen Gefäßbezirk mit einem Male über-

so zeigen sich sehr bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit der Blutbewegung, in den verschiedenen Gefäßabschnitten sehen wir die Blutkörperchen fortrollen und den Strömungsrichtung anschaulich macht, wie wir die Geschwindigkeit eines Flusses auch nach den in ihm schwimmenden Gegenständen bemessen, so mit grosser Raschheit durchgerissen. In den Kapillaren sehen wir sich spalten, in den Venen weige sich auflösen, die sich endgültig in wahre Kapillaren erweisen. Ihre Aufgabe ist nur noch für ein einziges Blutkörperchen Platz, sodass eines hinter dem andern hindurch fließen muss. Diese Geschwindigkeit der Strömung sind Arterien,

die das Blut von den Kapillaren zum Herzen her führen. Die Venen lassen sich an der Richtung der Strömung erkennen, welche von den Kapillaren nach den Stämmen führt. Dabei ist in ihnen die Blutgeschwindigkeit viel geringer und die Farbe des Blutes gesättigter, dunkler. Auch in den verschiedenen Kapillaren ist die Geschwindigkeit nicht ganz gleich. Man kann auf eine einfache Weise die Geschwindigkeit messen, wenn man unter dem Mikroskope mit einer Okulartheilung den Weg bestimmt, den ein Blutkörperchen in einer Zeiteinheit einer Sekunde zurücklegt. Durch die mikroskopische Beobachtung erscheint der Raum, der durchlaufen wird, natürlich auch mit der Zeit, und damit die Geschwindigkeit. E. H. WEBER bestimmte ihn im Frosch zu  $0,2''$  oder etwas mehr in den Kapillaren von Froschlarven, sodass also jedes Blutkörperchen erst etwa in der Zeit einer Sekunde einen Kapillarraum durchlaufen hat.

Andere Bewegungserscheinungen lassen sich wahrnehmen. In den Arterien und Venen so wie in den Kapillaren zeigt sich die Strömung

Fig. 417.



Der Blutstrom in der Schwimmhaut des Frosches nach WAGNER. a Das Gefäß; b die Epithelialzellen des Gewebes.

des Blutes ununterbrochen, gleichmässig. Nur in etwas stärkeren Arterien lässt sich eine Spur des Pulses nachweisen. Seine Kraft ist also in den Arterien durch die Widerstände schon verzehrt. Von dem Durchströmen der Blutkörperchen durch Kapillaren, welche enger sind als der Durchmesser der Blutkörperchen, von ihren Umbiegungen an scharfen Theilungswinkeln, von ihren passiven Gestaltsveränderungen etc. war schon die Rede. In den Gefässen schwimmen die rothen Blutkörperchen nicht in regelmässigen Abständen etwa reihenweise hinter und neben einander; man sieht sie beim buntten Tanz durch einander rollen. In etwas grösseren Gefässen ist es vollere Deutlichkeit, dass die rothen Blutkörperchen rasch in der Mitte des Gefässes strömen, ohne dass eines die Wand berührt; an jener schleichend rollend weisse Blutkörperchen in einer farblosen Plasmaschicht. Hier erscheint die Strömung in der Axe des Gefässes lebhafter als an den Wänden. Man unterscheidet danach einen rasch fliessenden Axenstrom und einen langsameren Wandstrom.

Man ist, wie unten gezeigt werden soll, auch im Stande, den Durchström der Kapillaren der eigenen Netzhaut zu beobachten. Der Durchmesser der Kapillaren beträgt durchschnittlich etwa 0,01" bis 0,004", bei den engsten Kapillaren.

MALPIGHI war der Erste, welcher das Strömen des Blutes in den Kapillaren beobachtete und damit die Entdeckung des Blutkreislaufes vollendete.

### Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren.

Um die Blutbewegung in den grossen Gefässen und die Beobachtungen zu verstehen, muss man sich das Mikroskop über den Vorgang der Strömung des Blutes in den Haargefässen vor Augen stellen. Man lässt, müssen wir uns an einige Gesetze der Flüssigkeitsbewegung in Röhren erinnern, die Untersuchungen von E. H. WEBER, VOLKMANN, JACOBSON und POISEUIL geben haben.

Eine Reihe von Erscheinungen treten bei kontinuierlichem Strome, wie in den Blutgefässen findet, im elastischen Rohre ebenso wie in einem starrwandigen Rohre.

Unter einem gleichbleibenden Druck, wie er annähernd in den Arterien, Kapillaren und Venen herrscht, ist, abgesehen von der Eigenkontraktion der Gefässwände, die Wandausdehnung eine konstante. Man könnte, wenn man denselben Druck in einem starrwandigen Rohre herstellen würde, ohne eine wesentliche Veränderung der hydraulischen Eigenschaften, starrwandige Rohren von der mittlern Weite an Stelle der elastischen einsetzen.

Auch in den Arterien können wir unter Umständen und für eine bedeutende Zeit von den periodischen Druckschwankungen absehen. Halten wir einen konstanten Druck, so gilt auch für sie das eben von den anderen Gefässen Gesagte.

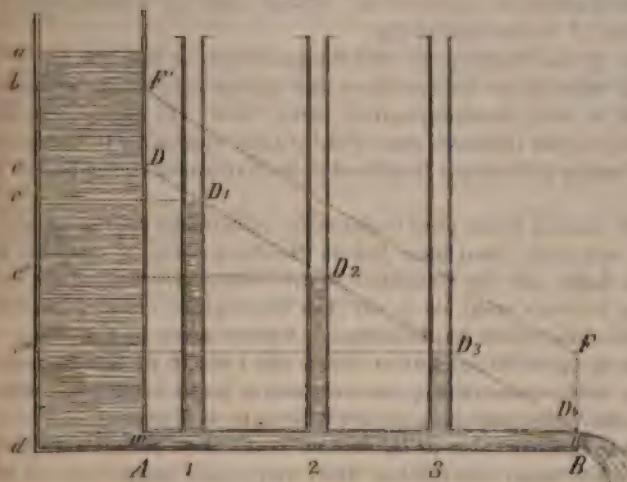
Der einfachste Fall eines konstanten Stromes in einer Röhre ist der, wenn man eine solche (Fig. 148, AB) von cylindrischem Querschnitt an dem einen Ende mit einem grossen Wasserbehälter verbunden denken, in welchem auf irgend welche Weise das Niveau gleich erhalten wird; das andere Ende der Röhre mündet frei in die Luft unter dem einfachen Atmosphärendruck. Damit die Schwere sich nicht geltend macht, muss das Ausflussrohr (AB) horizontal gelegt werden.

Um einen konstanten Strom durch dieses Rohr liessen zu lassen, so dass zu jeder Zeiteinheit jeden Querschnitt des Rohrs eine gleiche Flüssigkeitsmenge durchströmt, müssen wir die Kraft, welche die Flüssigkeit in die Röhre treibt, den Wasserstand des Behälters *ad* — und die Ausflussbedingungen — Weite der Röhre und atmosphärischen Druck an derselben — gleich erhalten. Es stellt sich dann



Die stationäre Strömung her. Die Strömungsgesetze bei grosser Stromgeschwindigkeit in weiten Röhren müssen in den physikalischen Lehrbüchern nachgesehen werden,

Fig. 148.



is für die Physiologie kaum interessiren. Hier haben wir es vorwiegend mit engen zu thun.

öhren von nur einigen Millimetern Dicke, nach POISEVILLE und JACOBSON auch bei p, deren Wände von der Flüssigkeit benetzt werden, und bei nicht all zu grosser elwindigkeit zeigen die einzelnen Flüssigkeitstheilchen in der Röhre eine sehr v e r e n e Bewegungsgeschwindigkeit. Die Theilchen in der Axe des Stromes bewegen geschwindesten; gegen die Wandung der Röhre zu wird die Geschwindigkeit succes- er geringer, bis sie in der die Wand selbst berührenden Flüssigkeitsschichte = 0 ist.

Axen- und Wandstrom kommen alle Zwischenstufen der Geschwindigkeit vor. önnen uns den Strömungsvorgang so schematisiren, dass wir in der Mitte des Stro- m soliden Axenfaden uns fliessen denken. Seine Bewegung erfolgt mit der relativ Geschwindigkeit. Er ist rings umgeben von einer Flüssigkeitsschichte, die sich agsammer als er bewegt. Wir müssen uns die Gestalt dieser zweiten Schichte als age Cylinderschale denken, in welcher der solide Axenfaden steckt. Beide genannten e stecken in einer ähnlichen dritten von derselben Gestalt wie die zweite, nur von ässerem Durchmesser.

ieselbe Weise müssen wir uns unendlich viele Schichten in einander gesteckt odass auf dem Durchschnitt etwa ein Bild entstehen würde wie die Jahresringe auf rschnitt eines Baumstammes.

iese Schichten schieben sich an einander vorbei mit von der Axe an abnehmender idigkeit. Das Losreissen der einzelnen Flüssigkeitstheilchen von einander, wie es ie Strömung erfordert, bedingt einen nicht unbedeutenden Kraftverlust, innere g. Widerstand.

at die innere Reibung unterscheiden wollen von der Flüssigkeitsreibung an der and. Da wir voraussetzen, dass letztere von der Flüssigkeit benetzt wird, sodass e n d e Flüssigkeitsschichte an der Wand entsteht, so kommt selbstverständlich die ist gar nicht in Betracht. Der Widerstand, den der Flüssigkeitsstrom zu überwinden eht also in unserem Falle ausschliesslich aus innerer Reibung. Die Grösse übungswiderstandes wächst porportional — den einfachsten Fall vorausgesetzt —

mit dem Unterschiede in der Geschwindigkeit der an einander vorbeigleitschichten. Je ungleicher die Geschwindigkeiten sind, desto öfter müssen gleichen Zeit die neben einander hingleitenden Flüssigkeitstheilchen von einander um so mehr Kraft wird dafür verbraucht werden. Das ist der Grund, weshalb das Widerstand in einem grösseren ist. Ebenso muss der Widerstand mit der Länge des Rohres zunehmen. Weiter ergibt sich:

Der Druck in allen Punkten eines Rohrenquerschnitts ist derselbe.

Der Druck nimmt in der Stromrichtung ganz gleichmässig bis zur Ausflussöffnung  $e$  ab, wo er  $= 0$ , d. h. dem Atmosphärendruck gleich wird. Die Abnahme in der Stromrichtung erfolgt wie die Ordinaten einer geraden Linie, sodass die Differenz der Drucke an verschiedenen Punkten gemessenen Druckwerthe der Entfernung dieser Punkte proportional ist.

Setzen wir nämlich in das oben beschriebene cylindrische Rohr an verschiedenen Stellen 1, 2, 3 — senkrechte, oben offene Röhren (Manometer) ein, so steigt bei dem Strom in dem Rohre (AB) die Flüssigkeit in den eingesetzten Röhren bis zu einer bestimmten Höhe an. Am höchsten steigt sie in der dem Wassergefäss am nächsten stehenden Röhre, am niedrigsten zunächst der Ausflussöffnung. Verbinden wir die Endpunkte der Wassersäulen ( $D_1 D_2 D_3 D_4$ ) = Druckhöhen durch eine Linie ( $D D_4$ ) mit einander, so erhält man diese als eine vollkommene Gerade; sie senkt sich in der Richtung des Stromes und trifft an der Ausflussmündung mit der Röhrenaxe ( $m n$ ) zusammen.

Die Neigung dieser Geraden ( $D D_4$ ) wird als Gefälle bezeichnet; es ist dem Gesagten bei einem beharrlichen Strom und cylindrischem Rohr an jeder Stelle der Axe den gleichen Winkel (cf. die Figur), ist also überall eine konstante. Sie kann gemessen werden durch die Abnahme des Drucks, welche für jede bestimmte Strombahn stattfindet. Um das Gefälle eines in's Freie abfliessenden Rohres zu bestimmen, braucht man, da am Röhrenende der Druck  $= 0$  ist, den Druck an einer Stelle zu messen, deren Entfernung vom Röhrenende bekannt ist.

Wenn  $l$  die gemessenen Röhrenstücke  $= l$ , der Druck an seinem Anfang  $= p$ , so ist das Gefälle  $= \frac{p}{l}$ .

Die Druckhöhen sind der Kraft, mit der der Strom fliesst, und sonach dem überwindenden Widerstand proportional. Am Ende der Bahn, an der Ausflussöffnung  $e$ , ist der Druck  $= 0$ , am Anfange am bedeutendsten. Um den Strom die ganze Länge der Bahn durchzupressen, bedarf es einer grösseren Druckhöhe, als man aufwenden würde, um den Strom in einem Stücke derselben z. B. 3 B zu überwinden.

Bei kürzeren Ausflussröhren bedürfte es also auch, um den gleichen Strom hervorzubringen, einer geringeren Füllung des Druckgefässes.

Da das Gefälle eine konstante Neigung zur Ausflussröhre und ihrer Axe hat, so kann man leicht für die Wand des Druckgefässes die Druckhöhe eines Manometers an jeder Stelle dort eingesetzt denkt, konstruieren und rechnen.

In der beistehenden Figur würde die Wassersäule in einer in der Wand des Druckgefässes liegenden Röhre bis zu  $D$  steigen.

Man beobachtet, dass im Behälter der Wasserstand  $=$  der Druckhöhe  $D$  ist, welches grösser sein muss — um die Wassersäule  $F$  bis zu  $D$  — als die aus der Röhre ausströmende Druckhöhe ( $D$ ) in einem direkt auf den Röhrenanfang eingesetzt gedacht. Man hat angenommen, dass dieser Ueberschuss an Bewegungskraft, den man bei Eintritt der Flüssigkeit aus dem Behälter, in welchem sie in Ruhe war, in der Röhre in welcher sie sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt, verschwindet. Diese Hervorrufung eben dieser Bewegung verwendet werde und pflegte sie als *Lebenshöhe* zu bezeichnen. Neuerdings zweifelt man an der theoretischen Begründung dieser Voraussetzung, und auch empirisch hat sich noch keine allgemeine Uebereinstimmung zwischen dem Druck im Wasserbehälter, der Stromgeschwindigkeit und der Lebenshöhe (Pois.) ergeben.



er Strom an verschiedenen Stellen ungleiche Geschwindigkeiten, deren Ursache wir unten näher betrachten werden, so bezeichnet man als seine mittlere Geschwindigkeit diejenige, welche an allen Stellen der Bahn gleichmässig herrschen müsste, wenn in der Zeiteinheit ebenso viel Flüssigkeit die Strombahn passiren sollte, als ihn, bei der ungleichen Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen, wirklich passiert. Das Maass der mittleren Geschwindigkeit ist die in der Zeiteinheit aus der Querschnittseinheit ausgeflossene Flüssigkeitsmenge. Die mittlere Geschwindigkeit ist der in der Zeiteinheit ausgeflossenen Flüssigkeitsmenge die Gesammtstromstärke einfach proportional. Um die mittlere Geschwindigkeit zu finden dividirt man die im Volumeneinheiten ausgedruckte ausgeflossene Flüssigkeitsmenge mit der Anzahl der Zeiteinheiten der Ausflusszeit und durch die Anzahl der Flächeneinheiten des Querschnitts. Ist beispielsweise die in 40 Sekunden ausgeflossene Flüssigkeitsmenge 8000 Kubikmillimeter, der Rohrenquerschnitt  $= 4 \text{ } \square \text{ Mm.}$  so ist die mittlere Geschwindigkeit  $= 200 \text{ Mm. in der Sekunde.}$

Die Geschwindigkeit an verschiedenen Bahnstrecken zeigt ein konstanter Strom wegen ungleicher Weite des Strombettes.

Wenn wir uns den Querschnitt der Röhre nicht überall gleich gross, sondern mit der Röhre ein weiteres Gefäss verbunden, den Strom aber konstant, so muss in der gleichen Zeit auch durch jeden Querschnitt des weiteren Rohrabchnittes, ganz die gleiche Flüssigkeitsmenge strömen, wie durch jeden des engeren. Selbstverständlich ergibt sich daraus, dass in dem weiteren Theile des Rohres die Strömung eine langsamere sein muss, als in dem engeren. Ein derartiger Fall tritt in der Bluthahn regelmässig ein, da sie sich in den Verzweigungen der Arterien immer mehr und mehr erweitert, indem die Summe der Querschnitte der Zweige den Querschnitt des unverzweigten Gefässes meist um ein Bedeutendes übertrifft.

Im Uebergang des Stromes aus weiteren in engere Röhren werden die Widerstände sehr rasch nicht unbeträchtlich gesteigert. Wir wissen, dass der Widerstand der Flüssigkeitsbewegung wächst mit dem zunehmenden Unterschied in der Bewegungsgeschwindigkeit zwischen einzelnen an einander hingleitenden Stromschichten. Es ist klar, dass bei einer Röhre ein viel langsamerer Uebergang von der Axengeschwindigkeit bis zu der Geschwindigkeit  $= 0$  an der Wand stattfindet, als in einem engeren Gefässe. Schon der Uebergang ergibt, dass in dem engeren Rohre eine viel geringere Anzahl von Schichten vorhanden ist. Es befindet sich also die Schichte mit der Geschwindigkeit  $= 0$  in diesem Falle näher der Axe mit der viel grösseren Geschwindigkeit; es ist also das Abfallen der Geschwindigkeit von der Axe gegen die Wand zu ein bedeutend rascheres.

Neben den angegebenen Momenten ist auf die Strömungsgeschwindigkeit auch noch die innere Natur der strömenden Flüssigkeit von bestimmendem Einfluss. Mit verschiedener Viskosität reissen sich die an einander vorüberströmenden Flüssigkeitstheilehen von einander ab (innere Reibung). Es erscheint sonach die mittlere Geschwindigkeit als das Produkt aus drei Faktoren: Rohrenquerschnitt, Gefälle und einem, je nach der verschiedenen Natur der strömenden Flüssigkeit wechselnden, für eine Flüssigkeit in bestimmtem Zustande konstanten Coefficienten, der dem oben angedeuteten Vorgang der inneren Reibung umgekehrt proportional ist. Die mittlere Geschwindigkeit ist für eine Flüssigkeit in dem gleichen Zustande proportional dem Flächenraum des Rohrenquerschnitts und dem Gefälle: POISEUILLE'sches Gesetz. Die innere Reibung hat bei gleicher Temperatur für verschiedene Flüssigkeiten verschiedene Werthe, je nach der Natur der Flüssigkeit ist, desto zäher nennt man die betreffende Flüssigkeit; bei gleichen Flüssigkeiten nimmt sie mit steigender Temperatur ab.

Das POISEUILLE'sche Gesetz gilt zum grossen Theil auch für die oben angeführten plötzlichen Veränderungen in der Weite des Strombettes. Strömt Flüssigkeit von einem weiteren in ein engeres, die direkte Fortsetzung des ersteren bildendes Rohr, so gilt das Gesetz in beiden Rohrenabschnitten für sich. Das Gefälle, dass nur ein Maass der Bewegungs-

kraft die Flüssigkeit ist, muss dabei im weiteren Rohre kleiner sein als im engeren der grosseren Widerstände durch jeden Querschnitt des engeren Rohres in der die gleiche Flüssigkeitsmenge getrieben werden muss, wie durch einen Querschnitt des weiteren Rohres. Genaue Versuche haben aber ergeben, dass beiderseits in der Nähe der Uebergangsstelle vom weiten zum engen Rohr das POISEUILLE'sche Gesetz gilt. Der Druck ist hier im weiten Rohre eine ganz kleine Strecke konstant, dann am Uebergang zum engeren Rohre plötzlich bedeutend, und noch eine Strecke im engen Rohr hinein ist das Sinken des Drucks rascher als in dem übrigen Rohre. So gestalteten sich auch die Ergebnisse JACOBSON's, wenn er aus einem engeren Rohre die Flüssigkeit in ein sehr weiteres Rohr einströmen liess. Das Gefälle in der engeren Rohre ist nahezu so, als ob das Wasser aus dem engeren Rohre direkt in's Freie ausströmte; dort wurde die Druckhöhe an der Einmündungsstelle der engeren in die weite Rohre nähernd = 0. In der weiten Rohre war der Druck nicht manometrisch zu messen, wurde zuweilen sogar negativ. Es scheint, dass hier die verhältnissmässig geringe Reibung in der weiten Rohre von entscheidendem Einfluss war.

JACOBSON hat auch mit einem sorgfältig gearbeiteten Apparat den Einfluss des Eröffnens eines Zweigrohres an dem primären Ausflussrohr ausübt. Es ergab sich, dass, wenn der Strom unter der Einwirkung eines gleichbleibenden Druckes in einem geraden Rohre eine gleichmässige Geschwindigkeit angenommen hatte, diese Geschwindigkeit etwas vergrössert wurde, wenn man einen Seitenzweig zu dem primären Rohre eröffnete. Die vermehrte Geschwindigkeit giebt sich dadurch zu erkennen, dass aus beiden Oeffnungen in der gleichen Zeit mehr Wasser ausfliesst als aus der einen einzigen. Auffallend ist das Resultat, dass der Winkel, unter welchem das Rohre abgezweigt wird, keinen Einfluss auf diese Strombeschleunigung ausübt. Winkeln der Ausflussrohre zeigen überhaupt auf die Strombewegung wenig Einwirkung. Man kann die zuerst geradgestreckte Ausflussröhre knieförmig, so tritt nur ein geringer Widerstand und dadurch Verlangsamung des Stromes ein.

Bildet der eine Zweigstrom die Verlängerung des Stammstromes, und geht der andere Zweig von der Hauptrichtung unter spitzem, rechtem oder stumpfem Winkel ab, so ist die Geschwindigkeit von der gesammten Wassermasse um so mehr durch den die Verlängerung des Stammstromes bildenden Stromzweig, je grösser der Winkel ist, unter welchem der andere Zweig sich abzweigt. Das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Zweigen ist also je nach der Grösse des Verzweigungswinkels ein verschiedenes. Nach JACOBSON's ist die Geschwindigkeit in dem Stromzweig, der die Hauptrichtung beibehält =  $v_1$ , in dem winkelig abgehenden Stromzweig =  $v_2$ , so ist das Verhältniss  $\frac{v_2}{v_1}$  nach den Untersuchungen von JACOBSON's für einen Abzweigungswinkel von  $30^\circ = 0,782$ , für  $45^\circ = 0,719$ , für  $60^\circ = 0,573$ , für  $75^\circ = 0,564$ .

POISEUILLE und GRAHAM haben den oben erwähnten Einfluss, welchen die Viskosität auf die Strömungsgeschwindigkeit ausübt, untersucht. Sie fanden, dass die Lösungen von alkalischen Salzen durch enge Röhren (Kapillaren) schneller strömen als Wasser, dagegen vermehren Zusätze von gewissen Säuren und Alkohol zum Wasser den inneren Reibungswiderstand. Die innere Reibung ist bei Serum etwa doppelt, bei Glycerin sechs mal so gross als bei Wasser. In Krankheiten, bei welchen z. B. durch Wassergehalt das Blut dickflüssiger wird, wird diese Grösse sich wesentlich vermehren und damit den Widerstand, die innere Reibung, vermehren oder umgekehrt vermindern, was auf die ganzen Cirkulationsverhältnisse von Einfluss sein muss.

Zur Berechnung hat man sich zu erinnern, dass der Umfang einer runden Röhre mit dem Durchmesser  $d$  hat  $= 3,14 d$  ist; der Querschnitt, das Lumen der Röhre ist  $= \frac{3,14}{4} d^2$ .



### Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren.

einer elastischen Röhre ein Flüssigkeitsstrom unter konstantem Drucke, so hat oben schon angegeben, die Wandelbarkeit mit dem Druck des Inhaltes bald in's Gesetz; die Ausdehnung der Wandung, der Querschnitt der Röhrenlichtung konstant; die Bedingungen der Flüssigkeitsbewegung sind absolut die gleichwandigen Röhren.

Es verhält es sich, wenn der Druck in dem elastischen Rohre von Zeit zu Zeit regelmässig gemacht wird, dass Flüssigkeit in die schon gefüllte Röhre mit einer Kraft und Geschwindigkeit eingepresst wird. Es ist dieses der Fall, welcher elastischen, blutgefüllten Arterienröhren findet.

Es durch das Einpressen eine durch das elastische Rohr hinschreitende Welle. Diese — Puls- oder Wellenarterien — zeigt eine Verschiedenheit von den Wellen des Aethers, der Luft und eines ruhigen, grossen Wasserspiegels, der durch fallenden Stein in Wellenkreisen bewegt wird. In den letztgenannten Fällen tritt nur in der Fortpflanzung eines Bewegungsvorganges, ohne dass die materiellen Theilchen am Ende ihrer Bewegung ihren Ort irgend wie verlassen. Die Welle erzeugt dort nur in sich geschlossene Kreisbewegungen der Flüssigkeits-

bewegung in unserem elastischen Rohre ist dagegen mit einer Ortsverrückung der Flüssigkeitstheilchen im Sinne der Wellenbewegung verbunden, er ist nach Angabe E. H. WEBER's, dessen Studien über Wellenbewegung in jedem physikalischen Abgedruckt zu finden sind, eine Bergwelle. Nachdem die Welle den Lauf genommen hat und das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, sind die sämtlichen Theilchen nach der Richtung der Wellenbewegung um eine gewisse Strecke fortgerückt. Den entgegengesetzten Vorgang nennt man Thalwelle.

Die Vorwärtsbewegung, welche die Theilchen durch die Wellenbewegung erleiden, ist eine geringe, und die Fortpflanzung der Bewegung von einem Theilchen auf das nächste Nachbartheilchen geschieht ebenso wie bei den erstgenannten Wellen. Es ist die Welle durch die Flüssigkeit hin und dehnt die elastische Wandung in fortwährender Weise aus, ohne dass wir uns vorstellen dürften, es entspräche diesem Fortschreiten der Welle ein ebenso grosses Fortschreiten der Flüssigkeitstheilchen. Letztere werden durch die Wellenbewegung aus ihrer Ruhelage gestossen, werden aber, wenn sie gekommen, aber nahezu wieder in diese zurück.

Beim rhythmischen Einpressen in die schon gefüllte elastische Röhre wird die Welle fortgepflanzt, dass die Flüssigkeit die Röhrenwand in einer gewissen Strecke ausspannt. Der gespannte Theil der Wand bewegt nun die Flüssigkeit vorwärts, bis sie drückt und dadurch wieder eine Ausdehnung und Abspannung der nächsten Theilung der Röhre hervorbringt, da ein Ausweichen der Flüssigkeit nach rückwärts (den Klappenschluss beider Arterien) ausgeschlossen ist. Die elastische Wand dehnt den unzusammendrückbaren flüssigen Inhalt so, dass der Druck in der Richtung des Fortschreitens vorschreitet. Sie zwingt dadurch die Flüssigkeit etwas nach vorwärts zu gehen und das nächstfolgende Röhrenstück auszudehnen. So läuft die Ausdehnung fort, bis sie die elastische Röhre hin, wobei sich die hinter dem eben ausgedehnten liegenden Theile wieder verengern.

Es ist klar, dass die Ausdehnung, welche die Röhre durch das rhythmische Einpressen der Flüssigkeit erleidet, keine überall gleichzeitige sein kann. Die Welle bedarf einer Zeit, um sich über eine Röhre zu verbreiten. An einem sehr elastischen Rohre (E. H. WEBER) betrug die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle zu 44472 Mm. in der Sekunde. Eine grössere oder geringere Spannung beeinflusst, wenn das elastische Rohr nur wenig gespannt ist, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur wenig. Die Berg- und Thalwellen scheinen mit derselben Geschwindigkeit fortzuschreiten. Die

Verschiedenheit in der Kraft, mit welcher die Welle erzeugt wurde, scheint ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu beeinflussen. Bei Drucksteigerung vergrößern sich elastische Röhren, die Verlängerung ist etwa um 6 mal kleiner, als bei schwacher Spannung.

An mit Wasser mässig gefüllten Därmen sieht man mit blossen Auge die Wellen hingehen, reflectirt werden, Interferenzen bilden etc. Schaltet man ein gleichweites Glasrohr ein und hat man in der Flüssigkeit Staubtheilchen suspendirt, so kann man an ihnen die Bewegung der die Stelle bildenden Wassertheilchen sehen. Man darf aber nicht ohne weiteres die an Därmen beobachteten Erscheinungen auf die ganz anders gebauten Arterien übertragen.

**Weber's Kreislaufsschema.** — Eigenthümlich werden die Bewegungsverhältnisse in einem geschlossenen elastischen Röhrencirkel, in welchem wie bei dem Kreislaufe an einer Stelle ein grosser Widerstand gegen die Bewegung, an einer Pumpwerk angebracht ist, welches aus dem einen Röhrenabschnitt in regelmässiger Flüssigkeit ausschöpft, um sie in den anderen Abschnitt des Röhrencirkels zu pumpen.

E. H. WEBER hat diese Versuchsbedingungen in seinem Kreislaufsschema dargestellt. Das Pumpwerk ist eine elastische Röhre, an deren beiden Enden Darmstücke mit der Herzklappen mit Fäden befestigt sind, sodass sie die Flüssigkeitsbewegung in beide Richtungen hervorgebracht wird, nur in einer Richtung. Mit diesem künstlichen Herzen steht ein elastischer Röhrencirkel in Verbindung. In der Mitte, dem Herzen entgegengesetzt, ein Schwamm eingeschoben ist, der den Kreislauf vielfältigste verzweigt und dadurch eine Analogie mit dem Kapillarsysteme herstellt.

Setzen wir die Pumpe in Thätigkeit, nachdem das ganze Röhrensystem unter bestimmten Drucke gefüllt wurde, der in allen Röhrenabschnitten überall die gleiche grosse hervorbrachte, so sehen wir nun Druckschwankungen in dem System. In dem Abschnitt desselben, welchem eine bestimmte kleine Flüssigkeitsmenge entzogen wurde, sinkt der Druck; in dem anderen, dem sie zugeführt wurde, sehen wir entsprechend steigen. Zunächst erweitert sich unter dem ansteigenden Druck ein Stück der Röhre und die Flüssigkeit fliesst hier mit grösserer Geschwindigkeit. Die Pumpe nach dieser ersten Bewegung ruhen, so wird sich langsam der gleiche Druck wieder herstellen, indem ebenso viel Flüssigkeit durch die Lücken des Schwamms in den Röhrentheil mit geringerem Druck zurückströmt, als aus diesem entzogen wurde.

Wiederholen wir aber das Pumpen früher, als der Druck sich ausgeglichen hat, als das Aequivalent der ausgepumpten Flüssigkeitsmenge den Schwamm durchströmte, so wird die Druckdifferenz in beiden Abschnitten im gleichen Sinne noch gesteigert. Der erhöhte Druck muss nun die Flüssigkeitsbewegung in dem ganzen System beschleunigen.

Lassen wir das Pumpen rasch, mit gleicher Kraft, rhythmisch erfolgen, so wird bei jeder Pumpenbewegung eine gleiche Flüssigkeitsmenge überpumpt, so muss ein Zeitmoment eintreten, in welchem der Druck in dem zweiten Abschnitte genau so hoch gesteigt ist, wie in der Ruhepause der Pumpe ebenso viel Flüssigkeit aus diesem Abschnitt zurückströmt, als diesem durch eine Pumpenbewegung entzogen wurde. Nun tritt in dem Systeme ein konstanter Strom, welcher der Blutbewegung ganz analog vorgebracht, und zwar durch den gesteigerten Druck in dem zweiten Röhrenabschnitt, der dem arteriellen Systeme des Blutkreislaufs entspricht. Dem hohen Druck (dem arteriellen), correspondirt ein entsprechend geringer in dem ersten (venösen) Systemtheile. Der Druck wechselt dabei in den weiten Röhrenabschnitten natürlich etwas, er nimmt auf der einen Seite während der Pumpenbewegung zu, während der Ruhe ab, umgekehrt verhält er sich auf der anderen Seite des Systems.



## Die Blutbewegung.

den Vorgängen, wie sie bei dem Strömen von Flüssigkeiten in starren Röhren eintreten, erklären sich die Erscheinungen bei Beobachtung des Kreislaufs unter dem Mikroskope, ebenso der grösste Theil der Bewegung des Blutes in den weiteren Gefässen. Die Langsamkeit des Wandstromes in Kapillaren entspricht vollkommen dem, was wir über die Flüssigkeitsbewegung in engen Röhren auch sonst beobachten. Warum die weissen Blutkörperchen im Randstrom schwimmen, ist dagegen nicht ganz klar, besonders da die weissen spezifisch leichter sind als die rothen Blutkörperchen, wie wir aus Versuchen wissen, mit der sie sich im stehenden Blute senken, erfahren haben. Hagen hat mit Hülfe der weissen Blutkörperchen die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Kapillaren des Frosches gemessen, er fand sie mehr als zehnmal grösser als die des Axenstromes, im Mittel in zwei Beobachtungsreihen  $0,0117''$  und  $0,027''$  in der Sekunde. Das Rollen der fließenden Blutkörperchen auf ihrer Bahn zeigt uns eine direkte Wirkung der Geschwindigkeit in den konzentrischen Flüssigkeitsschichten des Gefässes.

Blutgefässe mit dem Herzen sind ein in sich geschlossenes System elastischer Röhren. Wenn die Gesamtmasse des Blutes in ihm gleichmässig vertheilt ist, so steht, wie man angiebt, das Blut immer noch unter einem gewissen Druck, der beweist, dass die Blutmenge etwas grösser ist, als dem Inhalt des Gesamt-Gefässlumen entspricht; die Gefässwände werden etwas gespannt. In diesem Systeme gefüllter elastischer Röhren wird nun dadurch ein Unterschied an verschiedenen Stellen hervorgebracht, dass durch das Durchpressen in einem Röhrenabschnitt eine bestimmte Flüssigkeitsmenge eingepresst wird, während in einem anderen Röhrenabschnitt entnommen wurde. Die elastische Kraft des Systemes reicht für sich aus, diese Ungleichmässigkeit der Druckvertheilung und damit den Druckunterschied wieder auszugleichen. An der stärker gespannten Stelle entsteht eine Strömung zu der weniger gespannten, bis die Ausgleichung geschehen ist. Es leuchtet ein, dass diese Strömung so langsamer gehen muss, je grösser die Widerstände sind, die der Blutbewegung entgegenstehen. In einem Systeme weiter Röhren wird sie rascher geschehen, als in einem solchen, wo, wie bei dem Blutgefässsystem, die weissen Gefässe eine grosse Anzahl sehr enger, bedeutenden Widerstand leistender Haarröhrchen eingeschaltet sind.

Es darf sich die Herzbewegung nicht als den alleinigen Grund der Blutbewegung in den Gefässen vorstellen. Die mikroskopische Beobachtung zeigte uns, dass zu einem Durchpressen des Blutes durch die Adern die Pumpkraft des Herzens offenbar nicht ausreicht. In den kleinsten Gefässen, in Arterien und Kapillaren findet sich nämlich ein konstanter, gleichmässiger Blutstrom, der nicht mehr von der Herzbewegung rhythmisch beschleunigt wird, in den grösseren Venen sehen wir dasselbe. Anders ist es in den grösseren Arterien, in denen wir die rhythmische Pulsschwankung durch die Herzkontraktionen beobachten. Es liegt auf der Hand, dass wenn die Herzpulsation der einzige Grund der Blutbewegung wäre, diese in allen Gefässen nicht nur in den Arterien einen rhythmischen Charakter entsprechend der rhythmischen Herzkontraktion besitzen müsste. Wir sahen dagegen den Puls in den enger werdenden

den Arterien immer mehr abnehmen und endlich ganz verschwindet. An dieser Stelle tritt ein ununterbrochen gleichmässiger Strömungsvorgang, der direkt und allein von der Herzbewegung abhängig sein kann. Der Blutbewegung ist in Wahrheit nicht sowohl in der Kontraktion, sondern in dem bedeutenden Druckunterschiede zu suchen, der sich, in Folge des beständigen Einpumpens von Blut aus der venösen in die arterielle Hälfte des Gefässsystemes, zwischen den Venen und Arterien zu Gunsten der letzteren findet. Dieser Druckunterschied in den Gefässen direkt bestimmt. Man kann schon durch das Betasten der Gefässe beurtheilen, wobei sich die Arterien gefüllt, die Venen schlaff anfühlen. Wenn man eine Oeffnung in eine Arterie macht, so spritzt das in ihr unter hohem Druck befindliche Blut in einem, mehrere Fuss hohem Strahle hervor, während es aus den Venen ausfliesst ohne nennenswerthe Steigung. Verbindet man mit einer Oeffnung in der Gefässwand ein Rohr (Manometer), so kann man, wie die Höhe des Steigens der Flüssigkeit in der Röhre den Druck erkennen, der in den Gefässen herrscht. Lässt man das Blut selbst in das senkrechte Manometer hereinsteigen, so erreicht es darin eine bedeutende Höhe, die man HALE'S hat die ersten Bestimmungen der Art ausgeführt. Er liess es in eine Arterie und mass die Höhe, bis zu welcher das Blut in der stehenden Röhre anstieg. Beim Pferde betrug sie 8—10 und man gewöhnlich benützt man als Haemodynamometer ein Quecksilbermanometer und lässt die Quecksilbersäule desselben durch das Einstromen des Blutes heben. Man misst dann die unter dem Blutdruck zu Stande gekommene Quecksilbersäulenerhebung und bezeichnet sie als Blutdruck in Millimeter Quecksilber (POISEUILLE). In den Arterien ist der Blutdruck, da die Widerstände in den weiteren Röhren gegen die in den Kapillaren fast verschwinden, sehr ähnlich, doch nimmt er selbstverständlich gegen die Zweige zu stetig ab. Die Aorta schätzt man den Blutdruck zu 250 Mm. Quecksilber = 3 Meter. Die Arteria brachialis des Menschen hat ihn FAIVRE zu 110—120 Mm. Quecksilber direkt bestimmt. Durch Multiplikation der Quecksilbersäulenerhebung mit etwa 13,5 erhält man den Druck ausgedrückt in Blutsäulenhöhe. Der Blutdruck beträgt nach POISEUILLE, LUDWIG, VOLKMANN u. v. A. beim Hund 150, Kaninchen 70—100 Millimeter Quecksilber in der Karotis. Bei Fischen fand man 18—40, bei Fröschen 25 Mm. in den zugänglichsten Stellen. In den Kapillaren lässt er sich nicht direkt messen, er wird sich mit der veränderlichen Weite der Kapillaren verändern können. Er steigt und fällt mit dem allgemeinen Blutdruck. BEUTNER fand den Druck in der Lungenarterie 1/3 mal geringer als in der Aorta. In den Venen dagegen ist er sehr niedrig. In den ganz grossen dem Herzen sich nähernden wird er = 0, in den kleineren negativ.

Dieser bedeutende Druckunterschied ist für sich im Stande, das Blut aus den Arterien in die Venen durch das Kapillarsystem hindurch zu ziehen, wenn das Herz plötzlich seine Thätigkeit einstellt, z. B. auf Veranlassung der Nerven. Nach und nach erst stellt sich ein zwar nie vollkommenes, aber annäherndes Gleichgewicht des Druckes in den beiden Gefässabschnitten ein, die Bewegung hört auf. Beginnt das Herz nun seine Thätigkeit nach



ter, so wird dadurch der Kreislauf in alter Weise nicht sogleich wieder

Sobald das Herz aus dem venösen Systeme durch eine erste Kontraktion das Blut in die Arterien eingepresst hat, entsteht ein freilich noch bestehender Druckunterschied zu Gunsten der letzteren. Die Ausgleichung desselben wird durch die enormen Widerstände der inneren Reibung in den Gefässen, vornehmlich in den Kapillaren so verzögert, dass die zweite Kontraktion des Herzens einen Druckunterschied vorfindet und denselben durch ein weiteres Einpressen vermehrt. Die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Kapillaren steigt bei mit dem steigenden Drucke zu. Bei jeder folgenden Herzkontraktion finden sich dieselben Bedingungen, das Blut wird unter dem steigenden Drucke immer rascher fliessen, bis endlich in der Zeit zwischen einer Systole und einer Diastole genau eben so viel Blut durch die Kapillaren in die Venen einströmt, als vorher aus diesen in die Arterien eingepresst: über diese Grenze kann nun bei gleichbleibender Stärke der Herzkontraktionen weder Druck noch Geschwindigkeit steigen, es tritt eine Konstanz der Verhältnisse ein. Der Blutdruck in den Arterien ist nun so hoch, dass er zur Bewerkstelligung des Kreislaufes ausreicht. Das Herz hat nur die Aufgabe, die Druckunterschiede konstant zu erhalten. In den Gefässen setzt also die rhythmischen Blutbewegungen, welche durch die Kontraktion verursacht, in einen kontinuierlichen Strom um, wie er allein den Erfordernissen des höheren animalen Organismus und seiner Gewebe entspricht, ohne ohne Störung ihrer Funktionen keinen Augenblick die Blutbewegung zu unterbrechen werden darf. E. H. WEBER vergleicht die Arterien mit der Windlade eines Organs, welche die Aufgabe hat, die von den Bälgen in sie eingepumpte Luft anzusammeln und diese dann unter einem hohen und gleichmässigen Drucke alle mit ihr in Verbindung stehende Pfeifen einzupressen. Während der Diastole der Kammer steigt der Druck in den Arterien an, während der Systole sinkt er. Diese Schwankungen werden um so geringer, je kleiner die Arterien sind und je grösser die Pulszahlen sind.

Die Menge des Blutes, welche eine Systole überpumpt, hat man nach verschiedenen Methoden zu etwa 150—190 Gramm bestimmt. Direkte Ausmessungen des Inhaltes des toten Ventrikels haben für diese Bestimmung keinen Nutzen, da man dabei die normale Spannung der Herzwände nicht einmal annähern kann. VOLKMANN berechnet die Blutmenge, welche in einer Systole aus dem Ventrikel strömt, aus der Geschwindigkeit des Blutstromes in den Arterien und dem Querschnitte ihres Lumens, und berechnet die so gefundene Menge auf die Zeit eines Herzpulses. Die Rechnung ergab ihm etwa  $\frac{1}{400}$  des Körpergewichtes, was den oben angeführten Zahlen entspricht. VIERORDT hat diesen Werth für die linke Kammer zu 180 Gramm Blut. Dieselbe Menge wird in der gleichen Zeit vom rechten Herzen in die Lungenarterie, in das Arteriensystem des grossen Kreislaufs in das Venensystem übergeführt, da ja die Blutbewegung eine kontinuierliche ist.

**Andere Bemerkungen.** — Die Blutentziehung. Die Spannung in dem Gefässsysteme ist dem Gesagten unter dem Einflusse der Häufigkeit und Stärke der Herzbewegung und je rascher die Systole Blut in die Arterien eingepresst, desto grösser muss der Druck werden, um in der gleichen Zeit diese grösseren Blutmengen oder die gleichen Blutmenge in kürzerer Zeit durch die Kapillaren zu pressen. Im Allgemeinen steigt und sinkt der Blutdruck auch mit der Zu- und Abnahme der Gesamtblutmenge, wie die für den Arzt

sehr wichtigen Bestimmungen des Blutdruckes unter der Wirkung des Aderlasses, welche ein mögliches Sinken des Blutdruckes bis unter die Hälfte der anfänglichen Höhe erkennen lassen. Auch die Geschwindigkeit der Blutbewegung nimmt nach MANN'S Bestimmungen ab. Diese Abnahme der Blutgeschwindigkeit liegt in der Schwächung der Herzkraft durch den eingetretenen Blutmangel, unter welchem die Thätigkeit aller Organe leidet. Das Herz pumpt weniger energisch, presst bei der Sistung das Blut in die Arterien ein, der Druck im Arterienrohr muss dadurch sinken, wodurch wieder die Blutgeschwindigkeit, die ja von jenem direkt bedingt wird, nachgelassen wird. Nach der Blutentziehung sehen wir nach kurzer Zeit (am Haematodynamometer) den Druck wieder sinken. Eine chemische Untersuchung des Blutes nach starken Aderlässen ergiebt keine beträchtliche, procentische Wasserzunahme desselben. Aus beiden Thatsachen lässt sich schliessen, dass nach der Blutentziehung eine Aufsaugung von Ernährungsmaterial aus den Geweben in das Blut stattfindet und zwar muss diese aufgesaugte Flüssigkeit einen ziemlich geringen Procentgehalt an festen Stoffen haben. Diese gesteigerte Thätigkeit weisen auch Versuche, welche zeigen, dass unter der Haut, in Wunden gesaugte Flüssigkeiten durch einen Aderlass in ihren Wirkungen auf den Organismus herabgesetzt werden können. Auffallend ist es, wie selbst geringere Blutentziehungen den Organismus herabsetzen, und wie rasch durch sie ein Nachlassen der Thätigkeit nicht nur des Herzens, sondern auch der Stammmuskulatur erfolgt, wie z. B. Schwindel, Zittern, Ohnmachten zeigen, die in ihrem Gefolge sich einstellen. Wie schon eine verhältnissmässig geringe Abnahme der Oxydationsbedingungen den Stoffwechsel des Organismus herabsetzen und seine auf jenem beruhende Thätigkeit alteriren kann. Noch früher als die der Muskeln leidet die Thätigkeit der Leber und Nieren, stellen ihre Sekretion bald ganz ein (J. RANKE). Es leuchtet daher, dass die Therapie in der Blutentziehung ein wichtiges Mittel besitzt, die Organfunktionen zu reguliren.

### Die Herzarbeit.

Es ist interessant, die Kraftentwicklung kennen zu lernen, welche das Herz bei seinen Kontraktionen ausübt. DANIEL BERNOULLI und nach ihm LAMARCA, der Entdecker des Gesetzes der Erhaltung der Kraft, haben zuerst nach den Principien die Herzarbeit berechnet. Man kann die hier wirksam wirkende Kraft in Kilogrammetern berechnen, d. h. finden, wie viel Kilogramme in einer bestimmten Zeit bis zu 1 Meter Höhe gehoben werden können, wenn wir die Blutgeschwindigkeit und den Druck kennen, unter welchem sie in derselben Zeit aus dem Herzen strömt. Wir machen dabei die Voraussetzung, dass die Herzkraft die alleinige Kraftursache sei, welche das Blut austreibt. Sicher tritt die Wirkung der elastischen Kräfte der Kammern und Vorkammern gegen die Kontraktion so sehr in den Hintergrund, dass wir sie getrost vernachlässigen können.

Berechnen wir zuerst die Arbeit des linken Ventrikels. Nach VALSALVA trägt die Menge der während einer Systole aus jeder Herzkammer ausgepumpte Blutmenge, wie wir schon angegeben haben, 0,188 Kilogramm. Der Blutdruck in der Aorta beträgt etwa 250 Millimeter Quecksilberdruck, was einer Blutsäule von 3,24 Meter (DIXON'S) entspricht. Die gesuchte Grösse der Arbeit ist also  $0,188 \times 3,24$  Kilogramm-Meter = 0,604 Kilogramm-Meter. In einer Minute kommen im Durchschnitt 75 Herzkontraktionen, so berechnet sich die Arbeitsleistung des linken Herzens allein auf 45,3 Kilogramm-Meter pro Minute oder 2718 Kilogramm-Meter pro Stunde oder 65232 Kilogramm-Meter pro Tag. Da der Blutdruck in der Pulmonalis etwa dreimal schwächer ist als in der Aorta, so ist die Arbeitsleistung des rechten Herzens nur der dritte Theil der von dem linken Herzen ausgeübten. Sie be-



21900 Kilogramm-meter. Mit anderen Worten: die Arbeit des Herzens einem Tage im Stande sein, 86700 Kilogramme einen Meter hoch zu heben, was dasselbe ist, ein Kilogramm 86700 Meter hoch. Wie gross diese Leistung ist, wird erst recht anschaulich, wenn wir weiter unten erfahren, dass die grösste Arbeitsleistung eines Arbeiters im Tage (8 Arbeitsstunden) nur 5000 Kilogramm-meter beträgt, also noch nicht 4 mal mehr als die Herzarbeit. Die gesammte Herzarbeit wird durch die Widerstände im Gefässsystem, durch die innere Reibung verbraucht, d. h. in Wärme verwandelt. Mit der grössten Arbeitsleistung steht die geringere Muskelstärke des rechten Herzens in

Verbindung. Er legt seine auf anderem Weg berechneten etwas kleineren Zahlen seiner Beobachtung der Herzarbeit zu Grunde und kommt somit zu etwas kleineren Werthen. Er setzt den Nutzeffekt der linken Kammer zu 0,54 Kilogramm-meter in der Sekunde.

### Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Gefässen.

Man hat nach verschiedenen exakten Methoden die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Blutgefässen direkt bestimmt. In der Karotis grösserer Säugthiere schließt das Blut in der Sekunde eine Wegstrecke von etwa 4 Fuss. Bei Menschen ergeben die Versuche etwa 232, bei dem Hunde 264, bei dem Pferde 300 Meter (VIERORDT). Gegen die Kapillarausbreitung nimmt die Blutgeschwindigkeit mehr und mehr ab, in den Kapillaren selbst beträgt die Stromgeschwindigkeit des Axenstromes beim Frosch etwa 0,5 Mm. (E. H. WEBER), bei Menschen 0,8 Mm. in der Sekunde. In der Metatarsea des Pferdes bestimmte man den Druck noch zu 56 Mm. In den grösseren Venen ist die Geschwindigkeit 0,5 bis 0,75 mal kleiner als in den ihnen entsprechenden Arterien. Grund dafür, dass in den Arterien das Blut allmählich langsamer, am langsamsten in den Kapillaren fliesst, dass die Geschwindigkeit dagegen in den Venen mit der Entfernung von den Zweigen gegen die Stämme grösser wird, liegt in der Veränderung des Blutstrombettes. Es ist, wie oben gesagt, leicht nachzuweisen, dass bei der Theilung einer Arterie zwar die einzelnen Aeste enger sind als der Stamm, dass aber die Summe der Querschnitte der Aeste fast ausnahmslos grösser als der Querschnitt des Stammes. So erweitert sich also mit der Verästelung das Blutbett mehr und mehr, der weiteste Abschnitt des Gesamtquerschnittes ist der, in welchem sich die engsten Gefässe finden, die Kapillaren. Ganz analog ist auch die Verzweigung der Venen, sodass die Blutmasse, die aus den Kapillaren herkommt, in ein enger und enger werdendes Bett einfliesst. Die Stromgeschwindigkeiten in den in ihrem Lumen vereinigten Gefässabschnitten: Stämme, Aeste, Zweige, Kapillaren verhalten sich nach den Gesetzen der Flüssigkeitsbewegung in Röhren von verschiedenem Querschnitt umgekehrt, wie die Querschnitte des Gesamtlumens. Die Geschwindigkeit nimmt, wie wir oben gesehen haben, mit der stattfindenden Erweiterung des Lumens ab, mit der Verengerung zu.

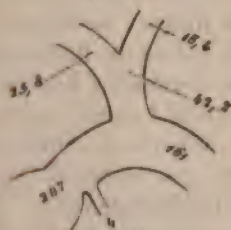
Obwohl das Blut stossweise aus dem Herzen in die Arterien eingepresst wird, so verhält es sich auch in ihnen (nach den oben dargelegten Gesetzen der Flüssigkeitsbewegung in dem WEBER'schen Kreislaufsschema) die Strömung eine ununterbrochene, jedoch mit stossweiser Beschleunigung. Jede Kammersystole steigert

nach VIERORDT die Geschwindigkeit in den grösseren Arterien an. Dieser Einfluss der Kammersystole nimmt, wie die Gefässe des Bl. Spannungszuwachs des Blutes, ebenfalls wegen der Erweiterung bettes, gegen die Arterienzweige zu mehr und mehr ab, um je in der Herzaktion in den peripherischen Arterien früher oder später zu finden. In den Kapillaren fliesst daher das Blut gleichmässiger, ohne merkliche Veränderung der Geschwindigkeit. Auch in den Venen ist der Blutstrom ein kontinuierlicher sein, doch macht sich eine Reihe von accessorischen Einflüssen geltend, die unten mit der Athembewegungen gemeinschaftlich besprochen werden sollen.

Betrachten wir die einzelnen Gefässe, welche zu einem Gesamtquerschnitt eines Systems gehören, so müssen auch hier die Blutgeschwindigkeiten vertheilt werden, nachdem die Widerstände in einem oder dem anderen grösser oder geringer sind. Wir wissen, dass der Widerstand wächst mit der abnehmenden Weite der Gefässe. Die mittleren Geschwindigkeiten in den Zweigströmen nach dem verschiedenen Winkeln verschieden sind, dass knieformige Biegung der Röhren den Strom behindert.

Nach der Durchschneidung der Gefässnerven, nach der Reizung der sekretorischen Nerven in den Muskeln und Drüsen (BERNARD, LUDWIG u. A.) kann die Blutgeschwindigkeit in den betreffenden Gefässprovinzen sich verändern, und das Gleichgewicht zwischen den Widerständen und dem Spannungsunterschied zwischen Arterien- und Venensystem, wird dabei durch eine Erweiterung der Arterien und eine Verengung des Widerstandes lokal gestört, sodass unter diesen Umständen die Pulsweite und die Blutbeschleunigung in die Kapillaren und sogar in die Venen übergehen kann. Hier auch an die Beobachtung zu erinnern, dass die Kapillaren kontraktiles Lumen aktiv veränderlich, wodurch der Widerstand gegen die Blutbewegung beeinflusst werden muss. Es ist klar, dass auch die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit erhält, und damit die Blutvertheilung im Körper, ist von der Zahl und Weite der zuführenden Arterien und der Stromgeschwindigkeit abhängig. VOLKMANN und VIERORDT erörterten diese Fragen, welche für die Lebensdauer und den gesammten Stoffwechsel sehr wichtig ist, für die Verhältnisse näher. Die Sekundengeschwindigkeit des Blutes in der Karotis beträgt 261 cm. pro Sekunde. Den Querschnitt der menschlichen Karotis bestimmte VIERORDT zu 0,63 cm.

Fig. 419.



Durchflussmenge in der Sekunde 261 mal 0,63 = 165,63 C.C.M. (cf. oben S. 421). Der Querschnitt der Karotis ist 0,99 □CM., bei gleicher Geschwindigkeit wie in der Karotis ist die Durchflussmenge 25,8 □C.C.M. Somit beträgt die Durchflussmenge in 4 Sekunden 103,2 C.C.M. Der Querschnitt der Anonyma ist 4,44 □CM., der Durchmesser hinter dem Abgang der Anonyma 4,39 □CM. Die Blutgeschwindigkeit in beiden Gefässen gleich, das genannte Aortenstück in einer Sekunde 161 C.C.M. Da die Geschwindigkeit im Arcus Aortae ist aber etwas grösser, die Durchflussmenge also 161 C.C.M. Rechnet man 161 C.C.M. der Anonyma und 4 C.C.M. für die Coronarien erhält man 207 C.C.M. = 249 Gramm Blut, welche

aus der linken Herzkammer ausgetrieben werden. Da auf 4 Sekunden 1,2 Sekunden kommen, so treibt jede Systole 172 C.C.M. = 180 Gramm Blut aus (VIERORDT).

Methoden zur Bestimmung der Blutgeschwindigkeit. — VOLKMANN konstruirte zur Bestimmung der Stromgeschwindigkeit in den Gefässen das Haemodromometer, eine Wasser gefüllte U-förmig gebogene Glasröhre von bekannter Länge und Querschnitt.



eben in die Arterie eingebundenen, doppelt durchbohrten Hahn, der die Blutströmung erst in der gewöhnlichen Richtung gestattet, plötzlich in den Strom der Arterie umlenken kann. Mit der Uhr bestimmt man die Zeit, in welcher alles Wasser aus der Röhre verdrängt ist. Eine längere und vergleichende Beobachtung an derselben Arterie (Leowie's Strömuhr. Zwei kugelige Glasgefässe von bekanntem Volumen kann nach zweckmässiger Hahneinrichtung sich abwechselnd füllen lassen, während jede Flüssigkeit, welche zur Füllung des einen diente (Oel), in das andere hinüber gewandert. Das Instrument erlaubt durch Verbindung mit Druckmessern etc. eine sehr genaue Untersuchung der Cirkulationsverhältnisse. VIERORDT bestimmt die Blutgeschwindigkeit aus dem Ausschlag eines in das strömende Blut gehängten Pendelchens: Stomatometer, in analoger Weise, wie man die Geschwindigkeit der Wasserströmung in Flüssen misst. Der Apparat besteht aus einem primär mit Wasser gefüllten kleinen Kästchen mit parallelen Glaswänden, das in die Strombahn eingeschaltet wird. In der Einflussmündung senkrecht herabhängendes Pendelchen wird vom Blutstrom abgelenkt und zwar um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit ist. Das Pendel endet in einem kleinen Kugelförmigen, welches jederseits mit einer feinen Spitze die Seitenglaswand möglicherweise ohne Reibung berührt. Die Spitzen lassen durch die sonst undurchsichtige Blutflüssigkeit die Pendelablenkung erkennen. Jede Kammerstole vermehrt die Ablenkung, mit dem Apparat auch die Pulszahlen abgelesen werden können. An einem aussen am Apparat angebrachten Kreisbogen liest man die Pendelablenkungen ab, welche Anhaltspunkte zur Berechnung der vorbeistromenden Flüssigkeitsmenge lieferte.

### Die Kreislaufszeit.

VIERORDT hat zuerst Versuche gemacht, die Zeit zu bestimmen, welche ein Blutteilchen braucht, um den ganzen Umlauf zu vollenden, um also z. B. von der Jugularis externa der einen Seite in das rechte Herz, Lunge, linkes Herz, durch die Aortenverzweigungen, Kapillaren, Venen zur Jugularis der anderen Seite zu fließen. Er spritzte eine Lösung eines chemisch leicht nachweisbaren Salzes, Ferrocyankalium in die eine Vene, z. B. Jugularis, ein und sammelte von dem Augenblick des Einspritzens an von je 5 zu 5 Sekunden das aus der anderen gleichnamigen Vene der anderen Körperseite austropfende Blut. In diesem Versuch bekam er so 12 Blutproben, deren Serum er mittelst Eisenchlorid auf Anwesenheit von Ferrocyankalium prüfen konnte, diejenige Probe, welche die erste Bläuung durch gebildetes Berlinerblau zeigte, gab die Dauer eines Kreislaufes, die Zeit, welche die eingespritzte Flüssigkeitsmenge gebraucht hatte, um durch die Kreislaufsorgane zurückzulegen. VIERORDT hat mit einer, bei der Zeitbestimmung verschärften Methode diese Versuche fortgesetzt. Die durchschnittliche Dauer eines Blutumlaufes beträgt nach HERING beim Pferd 16 Sekunden, nach VIERORDT bei jungen Eichhörnchen 4,39, Katze 6,69, Igel 7,79, Kaninchen 7,79, Hund 16,7, Huhn 5,17, Bussard 6,73, Enten 10,64, Gänse 11,86 Sekunden. Beim Menschen berechnet sie VIERORDT zu 23 Sekunden.

VIERORDT hat der Methode zum Vorwurf machen wollen, dass die Länge der verschiedenen Blutbahnen, welche dem eingespritzten Salze offenstehen, sehr verschieden seien, dass man nicht sicher sein könne, welcher derselben eingeschlagen wurde. VIERORDT hat die aus dem Einschlagen verschiedener Bahnen hervorgehenden Zeitdifferenzen direkt gemessen. Er liess das Blut zur gleichen Zeit aus zwei verschiedenen Venen auf, der Jugularis und Kruralis und in die Jugularis der anderen Seite. Bei dem Hunde betrug die Kreislaufszeit zwischen Jugularvenen 16,32, zwischen Jugularis und Kruralvene 18,08, die Differenz ist also

nur eine geringe = 10%. VIERORDT erklärt diese nahe Uebereinstimmung durch den kleinen Gefässen und namentlich in den Kapillaren das Fliessen am langsamsten, diese Verzögerung ist aber allen Bahnen gemeinsam, während es bei der hohen Geschwindigkeit in den grossen Gefässen ziemlich gleichgültig ist, ob ein Theil nah oder fern liegt, ob diese rasch durchlaufene Strecke etwas länger oder kürzer ist. Der Allgemeine bestätigt dieser Versuch die aprioristisch wahrscheinliche Meinung, dass zuerst nachweisbaren Spuren des Ferrocyankaliums den Kreislauf auf dem kürzesten Weg zurückgelegt haben.

Aus dieser kurzen Zeit, welche zur Vollendung eines Kreislaufs erforderlich ist, sieht man die fast momentane Wirkung mancher direkt ins Blut gebrachter (eingespritzter) z. B. der Blausäure, der Strychninlösung.

Die Schwankungen in der mittleren Kreislaufszeit hängen bei dem Menschen zunächst ab von der Zahl und Grösse der Herzkammersystolen. Bei einer Pulsfrequenz etwas zu, so wird die Kreislaufszeit ein wenig abgekürzt, bald ein Punkt, wo sie wieder zunimmt, weil bei grösserer Pulsfrequenz die Systolen weniger ausgiebig werden, sodass durch starke Vermehrung der Pulsfrequenz Fieber stattfindet, die Kreislaufsdauer über die normale verlängert wird. Die Kreislaufzeiten in der Jugularisbahn von Pferden von einem Alter von 21,4 Jahren zu 22,5 25,0 und 29,2 Sekunden. Daraus geht hervor, dass bei jüngeren die Kreislaufszeit etwas kürzer ist als bei älteren. Die Körpergewichtseinheit empfängt in der Zeiteinheit beträchtlich viel mehr Blut, auch wegen der relativ grossen Gesamtblutmenge. Namentlich auffallend ist diese Mehrzufuhr von Blut zu den Organen des Kindes, woraus sich nicht nur das rasche Wachsthum dieser Organe, sondern auch die kindliche Neigung zu Körperbewegung in Spielen, Laufen etc. erklärt. J. H. fand bei Hengsten die Kreislaufsdauer etwas kürzer als bei Stuten: 25,4 und 28,5 Sekunden. Grössere und schwerere Thiere haben eine bedeutend langsamere Kreislaufszeit derselben Art. Bei Hunden von 4,8 und 22,5 Kilogramm Körpergewicht fand J. H. die Dauer des Kreislaufs zu 40,44 und 49,37 Sekunden. Das Verhältniss der mittleren Trikelsystole ausgetriebenen Blutmasse zur Gesamtblutmenge des Körpers ist umgekehrt proportional der zunehmenden Körperlänge und Schwere. VIERORDT fand auch die arterielle Strömungsgeschwindigkeit grösser bei kleineren als bei grösseren Thieren derselben Art, sodass die Verhältnisse sich ergeben, wie zwischen jüngeren und älteren Thieren. Derselbe fand bei Hengsten die Kreislaufszeit bei Pferden den Blutkreislauf (der Jugularisbahn) bei der Thätigkeit war nach dem Herumtreiben im Trabe nur 17,5, während sie im Ruhezustand 22,5 Sekunden betrug. Nachts ist der Blutlauf langsamer als am Tage.

### Der Puls.

Die konstant unter der Wirkung des höheren Druckes in den Arterien stattfindende Entleerung derselben, der dagegen nur rhythmisch erfolgende Nachfüllung der verlorenen Flüssigkeitsmengen durch die Herzaktion machen die Blutbewegung in den Arterien zu einer doppelten. Einmal sehen wir ein konstantes Fliessen, welches ihnen durch die Druckwirkung der Wände erzeugt, welches auch nach der Herzaktion bis zur annähernden Ausgleichung der Druckunterschiede dauert. Mit dieser konstanten Strömung mischt sich, wie sich aus den angeführten Untersuchungen der Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren ergibt, eine Wellenbewegung, deren Ursache das rhythmische Bluteinpumpen des Herzens ist. Diese Wellenbewegungen, die sich in den Arterien als eine Druckerhöhung während der Systole, als eine Druckerniedrigung während der Diastole des Herzens zu erkennen giebt, wird als Puls bezeichnet. Normal (1)

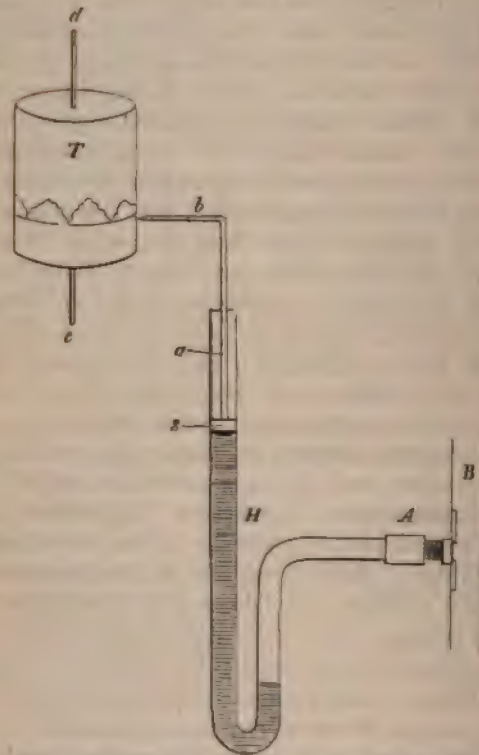


in der Minute auf. Der Puls ist am stärksten in den grössten, dem am nächsten gelegenen Arterien, in den kleineren sehen wir ihn schwächer und meist schon, ehe sie in Kapillaren übergehen, ganz verschwinden. Es ist eine Ausdehnung der Arterien durch die während der Systole in sie egeste Blutmenge. Man kann an oberflächlich unter der Haut liegenden blossgelegten Arterien mit freiem Auge sehen, dass diese Ausdehnung bei anderen elastischen Röhren sowohl die Weite als die Länge des Gefässes vergrössert. Diese Ausdehnung tritt, wie dort, in der ganzen Länge des Systems nicht gleichzeitig auf. Wenn das Blut in das Anfangsstück der Arterie eingepresst wird, so wird dieses zuerst ausgedehnt. Seine elastischen Kräfte machen sich nach Aufhören der Wirkung des übermächtigen Herzdruckes geltend. Sie üben einen Druck auf den flüssigen Inhalt aus, der den einen Ueberschuss wegzupressen versucht. Nach dem Herzen zu ist der Weg durch die Klappen versperrt, der Ueberschuss wird sonach weiter vorgedrängt. Indem sich dieselbe Wirkung der elastischen Kräfte in jedem mehr ausgedehnten Arterienstück wiederholt, läuft die Ausdehnung den Berg über die Arterienwand hin den Kapillaren zu. Dabei nimmt die Höhe der Welle immer mehr ab und wird endlich = 0. Die Ursache dieses Verfalls des Pulses liegt in verschiedenen Momenten. Schon die Bewegung durch die bedeutenden Widerstände in den Gefässen etc. schwächen die Welle allmählich mehr ab. Dabei kommt vor allem auch die mehr erwähnte starke Erweiterung des Strombettes bis in's Kapillarsystem in Betracht. Die Stärke der Welle steht mit ihrer Ausdehnung in umgekehrtem Verhältniss. Wenn sich in den Arterien das Strombett des Blutes auf das 400fache erweitert, wie man annimmt, so ist schon aus dieser Ursache dort die sichtbare, ausdehnende Wirkung der ungeschwächten Welle 400 mal geringer sein. Dazu kommt noch, dass die Welle allmählich abflöscht und dadurch der durch die Systole eingepresste Ueberschuss sich während des Ablaufes der Welle durch Abfluss in das Venensystem immer mehr vermindert. Nur in ganz seltenen Fällen, wenn z. B. die Gefässe durch Lähmung ihrer Muskulatur erweitert, die Widerstände geringer sind, geht die Wellenbewegung auch in das Kapillarsystem und durch dasselbe in die Venen über. Bei den arbeitenden Muskeln zeigen die Venen neben dem schon beschriebenen hellrothen Blute auch Puls. Man kann das Fortschreiten des Pulses über die Arterien mit dem Stethoskop messen. An vom Herzen abgelegeneren Arterien tritt die Ausdehnung allmählich um einen Bruchtheil einer Sekunde später ein als in einer dem Herzen näheren Arterie. Die Pulswelle pflanzt sich um 9240 Mm. in der Sekunde fort (VEREER). Man darf sich also die Welle nicht als eine kurze, längs der Arterie verlaufende Welle vorstellen. Die Pulswelle ist so lang, dass nicht einmal eine ganze Welle Platz hat in der Strecke von dem Anfang der Aorta bis zur Spitze. Nehmen wir an, dass eine Zusammenziehung des Herzens eine Sekunde dauert, so ist der Anfang der Welle schon 3080 Mm. (mehr als 9 Fuss) von der Spitze entfernt, während ihr Ende in der Aorta entsteht. Es wird also der Puls sehr rasch das ganze Arterienrohr ausgedehnt, das sich dann allmählich vom Herzen weg wieder verengert.

**Methode zur Pulsmessung.** — Der Puls bietet für die Diagnose und Therapie in Krankheiten wichtige Anhaltspunkte, dass es wichtig ist, seine normalen Verhältnisse genau zu kennen, um zu urtheilen zu können, ob sie in krankhaften Zuständen Aenderungen erfahren haben.

Man hat, um den Puls hiezu mit physikalischer Schärfe beobachten zu können, zur Pulsmessung ersonnen, welche die subjektiven Empfindungen des Fingers, unter Umständen freilich das beste Beobachtungsinstrument, der objektiven

Fig. 420.



*T* Kymographion-Trommel um die Axe *d* beweglich. *B* die Arterie. *A* Ansatzstück, welches die Arterie mit dem Manometer *H* verbindet. *s* der Schwimmer, welcher auf dem Quecksilber aufsitzt. *b* schreibender Pinsel.

stehende seitliche Ausdehnung der Arterie, die man sich ebenfalls selbst durch Sphygmographen graphisch darstellen lässt. Vierordt, dem wir diese danken, setzte auf die Arterie ein Knöpfchen, dessen Hebungen einen Fühler. Ein an dessen Spitze angebrachter Pinsel schreibt auf der eben beschriebenen Kymographion seine Kurven. Marey hat ein sehr kompendiöses Instrument, das für den Arzt eine leichtere Verwendung gestattet als das Vierordt'sche (Fig. 421). bebal, der hier durch eine auf die Arterie aufgedrückte Feder bewegt wird, und an seiner Spitze mit einer Art Schreibfeder versehen, die seine Bewegungen auf eine Papier bezogene Aluminiumplatte aufschreibt, welche mit gleichbleibender Geschwindigkeit durch ein kleines Uhrwerk vorübergezogen wird. Das Uhrwerk passt mit dem Instrument zusammen in ein kleines Kästchen, das leicht in der Tasche getragen werden

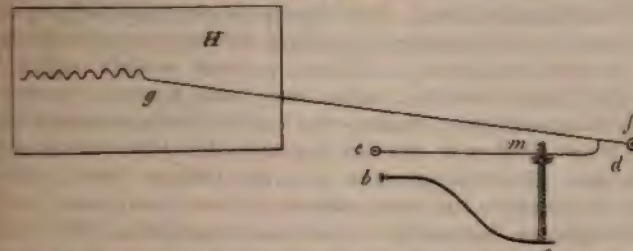
Fick's Federkymographion zur Messung des arteriellen Blutdrucks. Eine kreisförmig gekrümmte hohle Messingfeder, die mit Alkohol gefüllt ist. Ein Ende der Feder wird durch einen elastischen Schlauch mit der Arterie in Verbindung gesetzt, das freie Ende zeichnet die Druckschwankungen auf das Kymographion.

tion und Messung zugänglich sollen. Bei Thieren ist es Beobachtung in eine Arteriometer (Haemodynamometer) fügen, wie wir das an starr und elastischen Röhren eben haben, und die durch hervorgebrachten Druck an dem Auf- und Niedersteigen des Quecksilbers an der Skala sichtbar zu machen. Das Kymographion schreibt die Bewegungen des Blutes selbst (Fig. 420). In das Quecksilberröhrchen wird ein kleiner Pinsel eingesetzt, der an einem der Röhre vorstehenden quer aufgesteckten Pinsel zweckmäßigen Schreibes der den Bewegungen derselben auf- und abwärts derselben schreibt diese Bewegungen durch ein Uhrwerk mit gleichbleibender Geschwindigkeit um eine sich drehende Trommel, die mit Papier beklebt ist. Es entstehen auf dem Papier die regelmäßigen Kurven, auf denen die Pulsveränderungen beobachtet werden. Bei dem Menschen lässt sich diese Methode nicht anwenden, benutzt man das Hindurchgehen des



den zeitlichen Verlauf des Pulses messen zu können, muss die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel, die Laufgeschwindigkeit der MAREY'schen Platte bekannt sein.

Fig. 421.



H die durch ein Uhrwerk bewegte Platte, f g die auf dieser schreibende Feder, e b der auf die Ader aufgedrückte Knopf im Durchschnitte.

dem Zirkel zu messende Abstand der Kurven belehrt uns dann über die Zeit, welche von je zwei Pulsschlägen verstrich, ebenso kann man auch die Dauer der Wandausgang der Arterie auf die gleiche Weise direkt messen, da ja bei der bekannten, gleichförmigen Bewegung ein zurückgelegter Weg direkt der Zeit proportional ist, welche zu Zurücklegung erforderlich war. Zur Messung der Pulswelle, der Verspätung des in peripherischen Arterien, dient neuerdings am zweckmässigsten der elektrische Hebel von CZERNIAK.

**Eigenschaften des Pulses für die ärztliche Beobachtung.** — VIERORDT fand, dass die Zeit der Öffnung der Arterie durchschnittlich etwas kürzer dauert als die Zeit der Zusammenziehung; das Verhältniss ist etwa wie 100 : 406. Man bezeichnet das Verhältniss der Expanzionszeit zur Kontraktionszeit als Pulscelerität. Die Dauer der einzelnen aufeinanderfolgenden Pulsschläge ist bei einem und demselben Individuum ziemlich wechselnd, sodass sich Unterschiede um mehr als ein Drittel der Zeit finden. Die Höhe der aufeinanderfolgenden Pulscurven, also der Unterschied im Ausdehnungsgrade der Arterie: Pulsgrösse ist bei demselben Individuum sehr schwankend, fast um das Doppelte. Ein grosser Puls wird ein ansehnliches Blutvolumen in die Arterie eingetrieben. Im Allgemeinen ist der Puls gross, wenn er selten und träge ist, klein und oft auch häufiger bei geminderter Herzkraft und bei grösseren Widerständen im arteriellen Strom. Es ist möglich, mit dem zufühlenden Finger den Puls zum Verschwinden zu bringen, indem man die Arterie durch den ausgeübten Druck verschliesst. Der Arzt schliesst mit der dazu angewendeten Kraft auf den Blutdruck in der Arterie, damit also auf die Geschwindigkeit der Bewegung.

Nach dem MAREY'schen Instrument besteht jeder Puls aus zwei Hebungen und Senkungen; die zweite ist so gering, dass sie als eine kleine wellenförmige Erhebung auf dem abfallenden Theile der Hauptpulscurve erscheint. Man kennt den «exquisit doppelschlägigen, dikroten» Puls als eine Veränderung des normalen Rhythmus in Krankheiten. Man sucht die Ursache für diese zweite normale Pulswelle nicht. Vielleicht wird an irgend einer Stelle im Arteriensystem ein Theil der primären Pulswelle reflektirt. Man hat bei dieser Reflexion an die plötzliche Ausdehnung der Semilunarklappen oder an die Theilungsstelle der Arterie gedacht, keinesfalls entspricht er zwei Kammerstolen. Der pulsfühlende Finger fühlt zwei Schläge, von denen der erste stärker und länger ist. VIERORDT beobachtete häufiger bei Gesunden während des Lebens. Manche behaupten, er entstehe bei Abweichung des normalen Pulses mit dem MAREY'schen Sphygmographen durch Eigenheiten des Hebels, die natürlich nicht ganz vermieden sind, die sich aber auch bei den anderen Pulsmessinstrumenten mehr oder weniger störend geltend machen können. Der doppelte Puls entspricht entweder einem wahren Aussetzen eines Herzschlags, einer

fortgesetzten Diastole der Herzkammer, oder die Systole findet dabei statt, ist schwach, um das Kammerblut gehörig spannen und die Aortenklappen öffnen zu lassen. Eine negative Pulswelle entsteht, wenn krankhafter Weise die Aortenklappen schliessen und bei der Diastole Blut in die Kammer zurückströmt, der Blutdruck in der Aorta während der Diastole bedeutend. Diese Abspannung pflanzt sich auch gegen die Peripherie der Welle fort, aber ohne dass die Strömung des Blutes dadurch eine andere Richtung nimmt.

Die Zahl der Pulsschläge: die Pulsfrequenz wechselt vielfach bei dem Individuum. Die kleinste Bewegung, lautes, anhaltendes Sprechen, andere zufällige Änderungen des Athemrhythmus, Gemüths- und Sinnesindrücke verändern die Pulsfrequenz in auffallender Weise. Doch ist es gelungen eine Reihe allgemeiner Gesichtspunkte in Hinsicht aufzufinden. Die Pulsfrequenz ist nach dem Alter des Individuums verschieden. Sie nimmt von der Geburt bis zum Mannesalter ab, um von da an wieder etwas zuzunehmen. Während der Säugling im Durchschnitt 134 Schläge hat, sinkt die Anzahl zwischen dem 1. und 24. Lebensjahr auf 74. Sie bleibt sich dann längere Zeit gleich, und steigt endlich langsam an; im 35. Jahre 72, im 80. 79 Schläge in der Minute. Grössere Individuen haben im Allgemeinen einen etwas seltneren Puls als kleinere, ebenso Männer einen seltneren Puls als Frauen. Bei demselben Individuum schwankt der Puls regelmässig nach der Körperstellung, er verlangsamt sich durch Liegen und beschleunigt sich durch Aufstehen. Dem Arzte ist die Beobachtung bei jedem Krankenbesuche gegenwärtig sein. Bei Geschwächten muss das Aufsetzen im Bette, die erste Aufregung des ärztlichen Besuches hin für eine Erhöhung der Pulsfrequenz zu steigern. Am Morgen ist die Pulsfrequenz grösser als am Abend. Nach dem Essen steigt sie ebenfalls an. Bei Pflanzenkost soll sich die Pulsfrequenz verlangsamen.

Für den Arzt mag hier noch die Bemerkung Platz finden, dass die veränderte Herzthätigkeit und des Pulses, die er an Kranken beobachtet, meist seine Diagnose zunächst nicht beansprucht. In vielen Fällen ist die eben vorhandene Abweichung von der normalen Thätigkeit die beste Form, unter der das Herz seine Aufgaben für den Gesamtorganismus bei den bestehenden Störungen erfüllen kann. Man darf das bei der Auswahl der auf das Herz wirkenden Medikamente nicht vergessen. Eine künstliche Veränderung der normalen Aktion kann, wenn die Störungen fortdauern, die sie bedingt haben, eine direkte Gefahr für das Leben des Patienten herbei führen, da unter den verschiedenen Bedingungen das Herz nun vielleicht nicht mehr im Stande ist, die Cirkulation in dem gewissenen Grade normal zu erhalten. Das Herz akkommodirt sich dem jeweiligen Zustand des Gesamtorganismus in wunderbarer Weise. Ueber das Wechselverhältniss der Herzaktion und der Widerstände in der Blutbahn war schon oben S. 400 die Rede.

**Pulsfrequenz, Kreislaufzeit und Blutmenge.** — VIERORDT zeigte, dass die Hauptfaktoren des Blutumlaufs: Zahl der Herzschläge, Kreislaufzeiten, Blutdruck und umgetriebene Massen unter sich einen gesetzmässigen Zusammenhang erkennen lassen. Die Kreislaufzeit einer Säugethier- oder Vogelart ist gleich der durchschnittlichen Zeit, in der das Herz 27 Schläge vollendet. In der folgenden Tabelle stehen die direkten Versuchsergebnisse.

	Körpergewicht (Gramme.)	Pulsfrequenz	Herzschläge eines Kreislaufs
Eichhörnchen . . . . .	223	320	23.7
Katze . . . . .	1312	240	22.5
Igel . . . . .	944	(circa) 189	23.3
Kaninchen . . . . .	1434	220	25.9
Hund . . . . .	9200	96	26.7
Pferd . . . . .	380000	55	26.9
Huhn . . . . .	1332	354	31.5
Bussard . . . . .	693	282	31.6
Ente . . . . .	1324	163	26.3
Gans . . . . .	2822	144	26.4



die auffallende Uebereinstimmung berechtigt zu dem oben schon erwähnten Schluss, dass die Kreislaufszeit des Menschen bei einer Pulsfrequenz von  $72 = 23,4$  Sekunde sei. Deren Kreislaufszeiten zweier Thierarten verhalten sich, nach dem VIERORDT'schen Gesetz, umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen. Nimmt aber die Pulsfrequenz sehr erheblich zu, so verliert dieses Gesetz bis zu einem gewissen Grade seine Geltung. Muskelbewegung steigert die Pulsfrequenz sehr erheblich, bei mässiger Körperbewegung steigt der Puls um 10–20, bei längerer Fortsetzung um 30 Schläge in der Minute, starkes Laufen die Pulszahl um das Doppelte, ja Dreifache der Norm, dabei verringert sich, wie wir oben, die Kreislaufszeit aber nicht in dem Verhältniss, wie die Pulsfrequenz gesteigert. Bei dem oben (S. 432) angeführten Versuche HEMING's war bei dem Pferde in der Ruhe die Pulsfrequenz 36, Athemfrequenz 8, die Kreislaufszeit 22,5, nach längerem Traben die Pulsfrequenz auf 100, die Athemfrequenz auf 24, während sich die Kreislaufszeit auf 17,5 Sekunden verminderte. Die Athem- und Pulsfrequenz sind auf das Dreifache erhöht, die Beschleunigung des Kreislaufs ist dagegen nur wie 4,3 zu 1. Dass beim Fieber die Kreislaufszeit sogar vergrössert ist, wurde schon oben erwähnt. Die frequenteren Ventriklkontraktionen treiben dann erheblich weniger Blut in die Arterien ein als in der Norm. Die durchschnäidung ändert die Kreislaufszeit nicht erheblich.

Die Blutmenge des Menschen berechnete VIERORDT nach den bisher angeführten Gesetzen über den Blutkreislauf. Alles Blut des Körpers fliesst während einer Kreislaufszeit ein Mal durch das linke Herz, nach dem eben angeführten VIERORDT'schen Gesetz, während einer Kammerystole bei allen Warmblütern dieselbe proportionale Blutmenge aus, als  $\frac{1}{27}$  der gesammten Blutmasse. Da wir beim Menschen (S. 430) die mittelst einer Kammerystole entleerte, absolute Blutmenge kennen, so ergibt sich die Gesammtblutmenge des Menschen direkt. Die Kreislaufszeit des Menschen ist 23,4 Sekunde, während dieser Zeit treibt das Herz im Mittel 27,7 Systolen. Eine Systole des linken Ventrikels treibt 472 CCM., also ist die Blutmenge des Menschen = 4760 CCM., in runder Zahl = 5000 Gramm Pfd. (cf. oben S. 377). Das durchschnittliche Körpergewicht zu 63,6 Kilogramm annehmen, ist die Blutmenge  $\frac{1}{12,6} = \frac{1}{43}$  des Körpergewichts. Eine Ventrikelsystole treibt also ein Blutgewicht aus von  $\frac{1}{353}$  des Körpergewichts. VIERORDT übertrug diese Berechnungsweise, auf die letzte Grösse sich stützend, auch auf die übrigen Warmblüther. Doch ist die mittlere Körpergewicht bei kleinen Thieren procentisch zu sehr von dem absoluten verschieden, als dass diese Berechnung für sie mehr als Annäherungswerthe für ihre Blutmenge geben könnte. Vortreflich stimmt dagegen die VIERORDT'sche Berechnung für den Menschen mit den direkten BISCHOFF'schen Bestimmungen, die auch für das gleiche Mittelthier genau die gleiche Blutmasse = 10 Pfd. ergaben. Bei grösseren normalen Thieren ist diese mittlere Uebereinstimmung wohl stets zutreffen. Nach VIERORDT's Berechnung ist die Blutmenge aller Warmblüther im Mittel  $\frac{1}{43}$  des Körpergewichts (cf. dagegen S. 378).

Dem Vorstehenden ergiebt sich weiter, dass die durch die Gewichtseinheit der Körper (1 Kilogramm) verschiedener Thiere in der Zeiteinheit strömenden Blutmassen verhalten, wie die Pulsfrequenzen. Je rascher also die Herzschläge, desto lebhafter der Stoffwechsel. Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt, der Stoffwechsel einer Thierart für dasselbe Thier gilt das aber bei wechselnder Pulsfrequenz nur mit den oben angedeuteten Einschränkungen des VIERORDT'schen Gesetzes.

Die mittleren arteriellen Blutdrücke (a) zweier Thierarten verhalten sich wahrscheinlich umgekehrt, wie die in gleichen Zeiten durch gleiche Körpergewichte fliessenden Blutmassen (b), die Produkte von a in b müssen dann gleich sein, wirklich stimmen diese wie nach den VIERORDT'schen Angaben auffallend überein.

	a	b	a b
Pferd . . . .	280 Mm. Quecksilber	152	425
Hund . . . .	150 „ „	272	408
Kaninchen . .	70 „ „	620	434

Setzen wir a. b im Mittel = 422, so berechnet sich für den Menschen der arterielle Blutdruck von 200 Mm. Quecksilber.

#### Accessorische Einwirkungen auf die Blutbewegung, namentlich in d

Zur Vollendung des Kreislaufs in den Venen kommen ausser den genannten noch andere Hilfskräfte zur Verwendung. Da die Venenwände schlaffer sind als die Arterienwandungen, so kann schon ein schwacher Druck die Wandungen zusammenpressen und das Fliessen des Blutes an drückten Stellen dadurch unterbrechen. Wenn der Druck nur auf eine Stelle geübt wird, so kann sich wegen der vielfachen Anastomosen das Blut einen weiten Ausweg suchen, im anderen Fall staut sich das Blut in den Venen, indem die Venenklappen ein stärkeres Zurückweichen des Blutes verhindern. Die Lungen sind im Brustraume so eingefügt, dass sie etwas über ihr natürliches Volumen ausgedehnt sind. Vermöge ihrer Elasticität suchen sie sich zu verkleinern und üben dadurch einen negativen Druck auf ihre Umgebung im Thorax aus, wodurch dort alle Hohlorgane ausgespannt werden müssen. Wir haben oben gesehen, dass darin der Grund für die passive Wiederausdehnung der erschlaffenden Bronchien liegt, wodurch sich diese wieder aus dem venösen Blutgefässsysteme mit Blut füllen. Es saugt also der Thorax aus den Körpervenen (auch Lymphgefässen) Blut in die grossen, innerhalb der Brust liegenden Venen und schliesslich zum Herzen. Der Blutdruck in den Venen kann dadurch entweder null werden oder in der nächsten Nähe des Brustraumes sogar negativ. Wird eine solche Venenöffnung Halse geöffnet, ohne dass ihre Wände sogleich wieder zusammenfallen, so spritzt sie nicht, sondern kann vermöge ihres negativen Druckes Luft einsaugen, wodurch manche plötzliche Todesfälle bei Operationen hervorgerufen werden. Die eingetretenen Luftbläschen stauen sich in den Kapillaren des Lungenarterienkreislaufes und unterbrechen dadurch den Blutkreislauf in demselben, wodurch es fast vollständig gelähmt wird. An anderen Stellen des Gefässsystemes ist der Lufteintritt weniger ungefährlich.

Bei der Einathmung, wobei sich die Lunge noch weiter ausdehnt, wird der negative Druck, der Blutzufluss zum Herzen wird also dadurch noch mehr gehindert. Umgekehrt wird der letztere durch Ausathmung aus dem entgegen gesetzten Sinne etwas behindert. Im entgegengesetzten Sinne wie auf den Venenblutlauf, so wirken sich diese Druckschwankungen auch auf den Blutlauf in den Arterien aus. Ein stärkerer negativer Druck während der Inspiration dehnt die Arterien in der Brusthöhle etwas aus und vermindert dadurch den Blutdruck in ihnen, umgekehrt bei der Expiration.

Während der Expiration empfängt aber zunächst das rechte Herz, auch die Aorta weniger Blut, es steigt also der arterielle Blutdruck zu Anfang der Expiration, später sinkt er wieder. Das Umgekehrte ist bei der Inspiration der Fall. Unter ihrem Einfluss füllen sich alle blutführenden Gefässe der Brusthöhle stärker mit Blut an, also auch die Aorta. Der arterielle



Es nur im Anfang der Inspiration sinken, mit der stärkeren Blutfülle der wird er gegen das Ende der Inspiration wieder ansteigen. Diese mit den Bewegungen synchronen Druckschwankungen in den Arterien schreiben sich Anwendung des Kymographions selbst als Athemkurven auf, welche viel sind, als die Pulscurven. Auf jeder Athemkurve sitzen als kleinere Er- gen die während der Zeit des Ein- und Ausathmens eingetretenen Druck- kungen in Folge der Herzpulse auf. Während der Expiration sind die etwas frequenter, als während der Inspiration.

Bei den Venen wirkt sonach wie bei den Lymphgefässen die Anwesenheit Klappen in gewissem Sinne befördernd auf den Blutstrom ein, indem Druck, der auf eine Vene ausgeübt wird, das Blut nur vorwärts treiben. Dadurch wird die Lage vieler Venen zwischen Muskeln für die Blutbewe- gen Wichtigkeit, da ihre Kontraktionen durch den Druck, den sie dadurch Venen ausüben, das Blut im Sinne des normalen Blutstromes vorwärts indem die Klappen ein Rückströmen verhindern.

In Venen, welche, wie die der Knochen, die Blutleiter der Schädelhöhle, vor dem Druck geschützt sind, fehlt das Bedürfniss der Klappen, hier fehlen sie und ebenso in kleineren Venen, bei denen die reichliche Anastomosenbildung rückwirkung beseitigt. Ein lokaler Druck auf eine Vene mit Klappen treibt ot von dieser Stelle mit beschleunigter Geschwindigkeit dem Herzen zu, ad es hinter der gedrückten Strecke bis zur nächsten Klappe staut, und unter der Klappe findet noch, trotz der Anastomosen, eine schwache Stauung. Wird der Druck beseitigt, so ergiesst die stärker gespannte Vene ihren mit entsprechend grösserer Geschwindigkeit.

Bei manchen Venen wirkt auch die Schwerkraft für die Blutbewegung in förderlich. Es ist klar, dass dieses bei den Venen des Kopfes und Halses rechter Stellung der Fall sein muss. Auf die venöse Blutbewegung in den Extremitäten wirkt sie dagegen verlangsamen, wie die häufigen Venen- örungen an den unteren Extremitäten bei Leuten mit vorwiegend stehender atung beweisen. Die praktische Chirurgie macht von dem Einfluss der re auf die Blutbewegung eine sinnreiche Anwendung, indem sie durch höhere ung entzündeter Gliedmassen den venösen Blutabfluss aus ihnen erleichtert. einfache antiphlogistische Methode hat oft grössere Wirkung als lokale Blut- ung.

Das wichtigste unter den accessorischen Momenten bei der Blutbewegung jedoch immer die Aspiration durch den Thorax und der Einfluss Athembewegungen.

Die Blutbewegung in den Venen zeigt, da sie einigen unregelmässig wirkenden Einflüssen liegt, weit öfter Störungen als die in den Arterien.

Dieselben Momente, welche wir an der Bewegung des venösen Blutes theilnehmen sahen, men auch bei der Lymphbewegung zur Geltung. Auch hier werden die Klappen wirk- auch hier macht sich die Aspiration des Thorax geltend, da ja die Lymphgefässe in offner ndung mit den Venen stehen. Der Milchbrustgang, *Truncus lymphaticus* *immanis sinister* mündet in den Vereinigungswinkel der *V. subclavia sinistra* *V. jugularis comm. sinistra* ein. Der rechte Lymphgefässstamm, *Truncus* *phaticus communis dexter*, geht in die *Vena subclavia dextra*. An den undungsstellen finden sich Klappen, links zwei, rechts eine, von halbmondförmiger it, welche das Eindringen von Venenblut unmöglich machen.

Bei starken Ausathmungsbewegungen, z. B. Husten, staut sich das Blut in den Halses und Kopfes an. Verschliesst man Mund und Nase und macht dabei eine Ausathmungsbewegung, so nimmt die Füllung des Herzens mit Blut rasch ab, der Puls wird klein. Man kann durch diese Kompression des Brustraums die Spannung so steigern, gar wahrscheinlich zu einer positiven machen, wodurch dann das Fließen des Blutes zunächst zum rechten Herzen mehr und mehr aufhört. Ed. WEBER zeigte, dass im Grade der Wirkung die Systolen nicht mehr im Stande sind, die geringe Blutmenge im Atrium gehörig zu spannen, um sie in die Arterie einzutreiben. Der Puls bleibt dann aus, es kann Ohnmacht eintreten. Ein Theil der Wirkung rührt wohl aber auch von der Reizung her, welche in Folge der Kohlensäureanhäufung im Blute des Vaguscentrums hervorgeht.

**Zur Entwicklungsgeschichte des Gefäßsystems.** — Das erste Gefäßsystem der Embryonalanlage besitzt weder Gefäße noch Blutkreislauf. Der erste Kreislauf hat die Aufgabe, aus dem Inhalt der vom mütterlichen Organismus stammenden Keimnahrungsmaterial aufzunehmen, das, da der Embryo selbst noch keine feineren Gefäße besitzt, vor allem dem Wachsthum des Fruchthofes zu dienen hat. Die Anlage scheint in dieser Periode (KÖLLIKER) noch auf eine direkte Aufnahme von Nährstoffen aus der Keimblase besonders durch die Zellen seines Darmdrüsenblattes angewiesen zu sein.

Aus dem oberen Theil des S-förmig gebogenen einkammerigen Herzens (cf. S. 437) gehen noch direkt zwei Arcus aortae hervor, die sich zuerst nach oben zur Wand der Keimhöhle wenden, um dann längs der hinteren Mittellinie zu verlaufen. Sie vereinigen sich bald zu einem kurzen, einfachen Aortenstamm, der sich wieder in zwei parallel verlaufende spaltet, die Arteriae vertebrales posteriores oder primitive Aorten, die unterhalb des Herzens in die Keimhöhle eintreten.

Fig. 122.



Fruchthof eines Kaninchens mit Embryo von der Bauchseite, von 4 Par. Linien Durchmesser. *a* Venen oder Sinus terminalis, *b* hintere Enden der Arteriae omphalo-mesentericae, *c* stark gebogener hinterer Ast derselben, *d* Herz, schon S-förmig gebogen, *e* primitive Aorten, *f* Arteriae omphalo-mesentericae, *g* primitive Augendrüsen. Die oberflächliche (nach aussen gelegene) mehr arterielle und das stärkere tiefe, mehr venöse Gefäßsystem ist im Fruchthof.

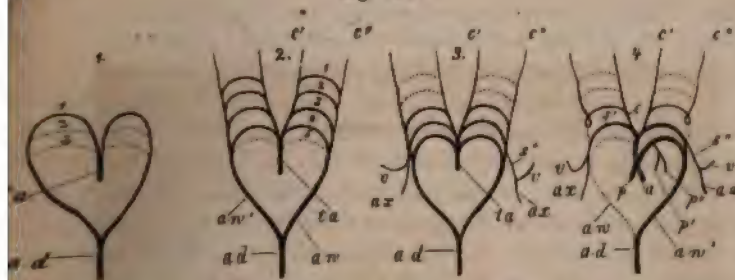


neben der Chorda gelegen (Fig. 422) bis zum Ende des Embryo gelangen. Hierbei treten je 4—5 Aeste: Arteriae omphalo-mesentericae oder Nabelgekrösarterien aus, ohne dem Embryo selbst Zweige abzugeben, in den Fruchthof, wo sie die ganze Fläche des Fruchthofs mit den den Embryo ebenfalls verlassenden Ausläufern der Aorten ein oberflächliches, ziemlich dichtes Gefässnetz bilden. Am Rande des Fruchthofs mündet dieses Gefässnetz in eine starke Vene, Vena s. Sinus terminalis, die den ganzen Fruchthof umkreist.

Die Nabelvene biegt sie sich gegen den Embryo mit zwei Stämmen, Vv. omphalomesentericae, gekrösvenen, um, welche in das hintere Ende des Herzens einmünden, nachdem sie zwei hintere Venenstämmen aufgenommen haben. Die Venen hängen durch ein oberflächliches, aber etwas weiteres und tiefer liegendes Gefässnetz unter einander wie ein Netz zusammen.

Der Nabelarterienkreislauf hat schon S. 47 Erwähnung gefunden (cf. S. 448). Oben sah man das entwickeltere Herz nach vorne zunächst den Truncus arteriosus entsenden, welcher nach kurzem Verlauf in die zwei Arcus aortae spaltet, die in der Wand der Aorta bogenförmig und konvergierend nach hinten laufen und sich vereinigen. In der ersten Aortenbogen, gleichsam als Queranastomosen seiner beiden Schenkel, treten noch zwei weitere Aortenbogen, der Innenfläche der Kiemenbogen entsprechend (S. 49). In der Folge entstehen noch weitere zwei Aortenbogen, doch schwinden die vorderen wieder, sodass meistens nicht mehr als drei Paare gleichzeitig vorhanden sind.

Fig. 423.



Darstellung der Entwicklung der grossen Arterien mit Zugrundelegung der von RATHKE gegebenen Abbildungen. 1. Truncus arteriosus mit ein Paar Aortenbogen und Andeutung der Stellen, wo das zweite und dritte Paar Aortenbogen entstehen. 2. Truncus arteriosus mit vier Paar Aortenbogen und Andeutung der Stelle des fünften Paares. 3. Truncus arteriosus mit den drei hinteren Paaren von Aortenbogen, aus denen die bleibenden Gefässe sich entwickeln. 4. Darstellung der obliterirten zwei vorderen Bogen. 4. Bleibende Arterien in primitiver Form und Andeutung der Stellen, wo die Aortenbogen entstehen. *t a* Truncus arteriosus, 1—5 erster bis fünfter Aortenbogen, *p p'* Pulmonalstamm, *p' p''* Aeste zur Lunge, *a w'* bleibende Wurzel der Aorta thoracica *a d*, *a w* obliterirter Theil derselben, *s' s''* Subclaviae, *v* Vertebralis, *a x* Axillaris, *c* Carotis communis, *c'* Carotis externa, *c''* Carotis interna.

Die Aortenbogen entsprechen ganz den Kiemenbogen, und sie erscheinen als eine Fortsetzung des ersten Entwicklungszustandes der Kiemengefässe der Fische und Batrachier.

Da bei den höheren Thieren keine Kiemen sich ausbilden, vergeht ein Theil der Aortenbogen wieder, und der sich erhaltende Theil findet eine ganz andere Verwendung als bei den durch Kiemen athmenden Thieren. Die Umbildung ist in der nebenstehenden Abbildung schematisch dargestellt.

Essentialien entwickeln sich die bleibenden grossen Arterien aus den drei letzten Aortenbogen, doch erhält sich in der Carotis interna (*c''*) und Carotis externa (*c'*) auch ein Theil des ersten und zweiten Bogens. Von den drei letzten Aortenbogen wird der oberste in der nebenstehenden Abbildung Fig. 423 zum Anfang der Carotis interna, die Carotis communis (*c*) entwickelt sich aus dem Anfang des ursprünglich ersten Arcus aortae.

Der zweite bleibende (der vierte der ganzen Reihe) Aortenbogen tritt nach der Trennung des Truncus arteriosus in Aorta und Pulmonalis (cf. S. 406) auf beiden Seiten in Verbindung, links wird er zum bleibenden Arcus aortae, rechts liefert er den Anfang des anonymus und den Anfang der Subclavia dextra (s'). Die Verbindungen zwischen dem ersten und zweiten bleibenden Bogen (in der Abbildung Fig. 123 durch punktierte Linien gedeutet) verschwinden. Der dritte und innerste der bleibenden Bogen (der fünfte der ursprünglichen Zahl) verschwindet rechts vollständig, links verbindet er sich mit der Aorta descendens und entwickelt die beiden Lungenarterienäste (p' p''), bleibt aber während der Foetalperiode mit dem bleibenden Arcus aortae in Verbindung. Der Ductus botalli verbindet das Blut der rechten Kammer in die Aorta descendens sich entleert.

Bei den durch Kiemen athmenden Thieren entwickelt sich von Anfang an ein Aortenbogen, die hier meist zahlreicher angelegt sind als bei den Säugern, in dem Kiemenblatte ein Blutgefässnetz, welches sich in Kapillaren auflöst und schliesslich in grössere Gefässe gesammelt wird, welche in die Aorta einmünden. Die ursprünglichen Aortenbogen werden hier sonach in ihrer Mitte in ein Kapillarsystem für die Athmung in den Kiemen vorsteht. Die zuführenden, venösen Blut enthaltenden Gefässe sind die Kiemenarterien, die aus den Kiemenkapillaren sich sammelnde Blut enthaltenden Gefässe sind die Kiemenvenen (Ueber das Herz der Fische cf.



### III. Ausscheidungen aus dem Blute.

#### Dreizehntes Kapitel.

#### Die A t h m u n g.

#### Lunge und Athembewegungen.

---

##### Begriff der Athmung.

Der dem Wechselverkehr des Organismus mit der Atmosphäre, auf der Athmung beruht das Leben. Mit Hülfe des Sauerstoffes, der aus der Luft in das Blut gelangt, in diesem aus zu allen Organen gelangt, werden alle die Kraftäusserungen bewirkt, die wir als Beweise des Lebens ansprechen.

Der Process der Athmung zerfällt in zwei wesentlich getrennte Vorgänge. Überall, wo das Blut, das den Wechselverkehr des Organismus mit der Luft hat, mit dieser in so direkte Berührung kommt, dass eine Gasdiffusion eintreten kann, sehen wir Sauerstoff aus der Luft in das Blut aufgenommen und Kohlen- säure und Wasser dafür ausgeschieden. Es findet sich dieser Vorgang vornehmlich in den Lungen, aber auch an der Haut, deren reich mit Blutgefässen umsetzte Drüsenöffnungen der Luft nahen Zutritt zum Blute gestatten, und auch an den Schleimhäuten des Digestionskanales wird der Sauerstoff der dahin gelangenden Luft abgesaugt und dafür Kohlensäure ausgeschieden. Dieser Verkehr des Blutes mit der Luft kann als äussere Athmung bezeichnet werden.

Die innere oder Gewebsathmung beruht auf dem gegentheiligen Vorgange. Die Gewebe, welche das Blut umspült, nehmen aus ihm den Sauerstoff auf und laden es dafür mit Kohlensäure und den übrigen die Organfunktionen bedingenden Stoffen. Ihre Anwesenheit in grösserer Menge meist lähmenden Oxydationsprodukten, die sie durch ihre Thätigkeit erzeugt haben.

##### Der Bau der Lunge.

Die Lunge ist eine Drüse. Man hat darin einen Unterschied finden wollen, indem man in der Lunge einen zweifachen Vorgang: eine Stoffabgabe —  $\text{CO}_2$  — und eine Stoffaufnahme —  $\text{O}$  — findet, während sich bei den übrigen Drüsen mit Ausscheidungs- gängen zunächst nur eine Stoffabgabe bemerklich macht. Die neuere Anatomie hat jedoch bei einer Reihe von Drüsen eine gleichzeitige Stoffaufnahme

in das Blut neben der Abgabe erwiesen. Am bekanntesten ist diese Leber, bei welcher neben der Abgabe von Stoffen zu der Gallebildungnahme des in den Drüsenzellen gebildeten Zuckers resp. der glycogenen Seite des Blutes stattfindet. Seitdem kann das angeführte Unterscheidmal der Lunge vor anderen Drüsen nicht mehr anerkannt werden. Charakteristische des Lungenbaues liegt darin, dass es sich in ihr nicht um und Abgabe von tropfbaren Flüssigkeiten, sondern von Gasen handelt. Zweck erleidet das allgemeine Schema der traubenförmigen Drüsen, in dem die Lunge gebaut ist, einige Abänderungen.

Vor allem ist es der Ausführungsgang der Lunge, die Trachea, röhre, welche sich von den Ausführungsgängen anderer Drüsen unterscheidet. Die Luftröhre besitzt knorpelige Wände, welche sich durch den wechselnden Druck nur wenig zusammenpressen oder ausdehnen lassen, sodass ein offener Weg die Lunge mit der Atmosphäre verbindet. Ein häutiger Ausführungsgang würde dieser Aufgabe nicht entsprechen, da ein solches Organ einen wirklichen Hohlraum umschliesst, wenn irgend eine Substanz Drüsensekret hindurchgeht, sonst liegen die Wände direkt an einander, so dass solchem Zusammenfallen wird die Luftröhre durch die sie bis auf eine Strecke an der hinteren Seite umgreifenden Knorpelringe verhindert werden. In den engeren Bronchien etwas unregelmässiger, aber doch vorhanden. Aestchen von 4 Millimeter Durchmesser fehlen sie ganz. Den etwas weichen Ringen durch unregelmässig gestaltete Knorpelplatten ersetzt. Der Theil wird von aussen von einem fibrösen, mit elastischen Fasern durchsetzten Gewebe überzogen, äussere Faserschichte. Die mittlere Schicht bilden die Knorpelringe. An der Stelle, an der sie hinten offen sind, setzt sie eine Lage querg gerichteter glatter Muskeln. An der äusseren Seite sind einzelne Muskelstreifen mit Längsbündeln. Diese Knorpelmuskeln sind durch eine Lage gewöhnliches Bindegewebe: innere Faserschicht, eine hyalinen Grenzschicht, Basalmembran, endigt, mit der Schicht der innersten Schichte verbunden. Diese besteht in ihren innersten Lagen aus geschichtetes Flimmerepithelium tragen, fast ausschliesslich an den Enden der Länge nach verlaufenden elastischen Fasern. Zwischen den nach dem Ausgang zu schlagenden Wimpern besetzten cylindrischen Flimmern

Fig. 424.



Epithel eines 4 Millim. starken Bronchialzweiges vom Hunde, frisch.  
Vergr. 320.

stehen ziemlich gleichmässig vertheilt. Die Anzahl Becherzellen, oben mit einer runden Oeffnung, aus welcher eine schleimige Masse hervorragt und sich ablösen kann, ist vielleicht an Stelle einzelliger Schleimzellen. Entdecker ist F. E. SCHULZE. In der Lunge sind viele Schleimdrüsen eingebettet, von demselben Bau, der uns von der Schleimhaut der Mundhöhle etc. her schon bekannt ist. Die Luftröhre ist mit Pflasterepithelzellen ausgekleidet.

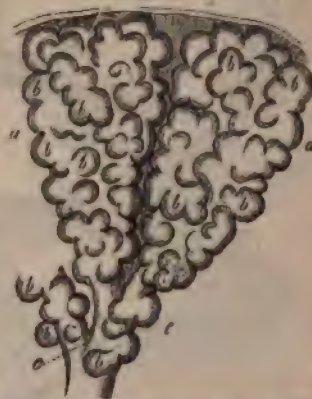
Es gibt aber auch sehr einfache gabelige Drüsenschläuche vor, die ein Cyclus von Zellen bilden. Während die Luftröhre wenig Blutgefässe und Nerven besitzt, ist dagegen reich an Lymphgefässen.



Lungen selbst sind zwei grosse dünnwandige, gewöhnlich mit Luft elastische Säcke, deren einzelne traubenförmige Ausbuchtungen mit den Nerven, Nerven und Lymphgefässen durch ein bindegewebiges Zwischen- verbunden werden. Von aussen sind sie überzogen von einer serösen Brustfelle oder der Pleura, welche in ihrem Baue sich an das Lungen an schliesst. Sie besitzt Blutgefässe und Nerven, an denen KOLLIKER Kugeln nachweisen konnte.

Die Lunge besteht dem Wesen nach aus der Verästelung ihres Luftröhren- Bronchus dexter und sinister —. Die Bronchien verästeln sich in Ausführungsgänge der anderen traubenförmigen Drüsen baumförmig, jeder grössere Ast meist in zwei, unter spitzem Winkel abtretende spaltet, welche diese Verästelung ebenso fortsetzen, bis endlich eine sehr Anzahl ganz zarter und enger Bronchialzweige entsteht, die einen reichlichen Baum darstellen. Nirgends communiciren diese feinsten Enden mit einander. Sie erstrecken sich durch die ganze Lunge und finden sich ebenso an der Oberfläche als in ihrem Innern. Die feinsten Bronchialzweige hängen eigentlich absondernden Drüsenelementen der Lunge, mit den Lungen- Alveolen, den Alveolen der Lunge zusammen, indem jeder mit einer Gruppe von Bläschen, die den kleinsten Lappchen traubenförmiger Drüsen entsprechen, umgibt (Fig. 125). In dieser Bläschengruppe stehen alle sie zusammen- schliessenden Hohlräume oder Ausbuchtungen in inniger, ziemlich offener Verbin- dung, schliessen einen gemeinsamen Hohlraum, aufwärts in einen einzigen Bronchialzweig ab. Dadurch unterscheidet sich die Lunge von den traubenförmigen Drüsen. Bei den Drüsen dieser Gattung hängt bekanntlich jedes Drüsenbläschen gleichsam an einem Stiele an seinem eigenen Ausführungs- gänge. Bei der Lunge haben dagegen alle zusammen- drüsenlappchen darstellenden Bläschen einen einfachen Ausmündungsgang. Jedes Lungenlappchen hat eine birnförmige oder kugelige Gestalt mit vielfach ausgebuchteten Wänden, Luftzellen. Die Trichterform hat man Namen Infundibulum eingetragen. Die Lungen selbst sind rundlich, nur an der Lungen- Oberfläche durch gegenseitige Abplattung mehr

Fig. 125.



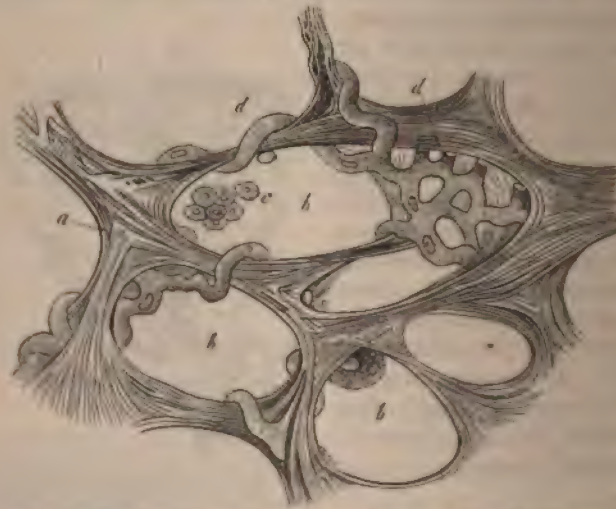
Zwei kleine Lungenlappchen *a a'* mit den Luftzellen *b b'* und den feinsten Bronchialästen *c c'*, an denen ebenfalls noch Luftzellen sitzen. Von einem Neugeborenen. 25mal vergr. Halb schematische Figur.

Der Bau der Bronchialzweige unterscheidet sich von dem der Trachea nicht nur durch die Um- hüllung der Knorpelringe in unregelmässige Platten, sondern auch dadurch, dass die glatten Muskeln bei ihnen eine vollständige Ringfaserlage bilden, die sich bis in die feinsten Bronchialverzweigungen nachweisen lässt. Die Schleimhaut trägt dieselben Zellen wie in der Trachea. REMAK will noch in den feinsten Bronchien traubenförmige Schleimdrüsen gesehen haben, F. E. SCHULZE vermisste sie dort. In den Aesten finden sie sich sehr zahlreich. Gegen das Ende der feinsten

Bronchialzweige werden die Epithelzellen niedriger und nehmen Plattenform an. Die Lungenbläschen — Alveolen — bestehen nur aus Haut und Epithel. Die Faserlage besteht aus faserigem Bindegewebschen Elementen und ist als Fortsetzung der Bronchialgewebe auf elastischen Fasern bilden in ihr ein Balkennetz, von welchem das strukturlos erscheinende Bindegewebe der Bläschenwand ausgespannt wird (Fig. 126). Die Kapillargefässe liegen nur bis höchstens zur Membran der Alveolen eingebettet, mit dem übrigen Theil ihrer Sagen sie in das Lumen der Alveolen hinein. Die Innenwand der Al der ganzen Infundibula und Alveolengänge ist von einem kontinuierlichen Epithel ausgekleidet. Beim Fötus sind die Epithelzellen platt, bei Individuen, die, wenn auch noch kurz geathmet haben, werden sie grösser, heller, die Kerne verblassen, später werden sie zu grossen regelmässig eckigen, oder leicht wellig begrenzten, dünnen, strukturierten Zellen zwischen denen nur noch einzelne den fötalen ähnliche Epithelzellen (SCHULZE).

Die einzelnen Abschnitte der Lunge werden durch lockiges Bindegewebe gehalten, das nur durch seine bei dem erwachsenen Menschen reichliche Sch

Fig. 126.



Durchschnitt durch die Lungensubstanz eines Kindes von 9 Monaten (nach Eckert). Eine Anzahl von Lungenzellen b, umgeben von den elastischen Fasern, welche balkenartig jene umgrenzen und mit der strukturlosen dünnen Membran die Wandungen derselben a bilden; d Theile des Kapillarnetzes mit seinen rauhförmig gekrümmten und in die Hohlräume der Lungenzellen einspringenden Röhren; e Reste des Epithelium.

sammensetzenden Lappchen auch für das freie Auge anschaulich gemacht. Eine Gruppe von neben einander liegenden primären Lappchen zu einem grösseren Lappchen durch stärkere Pigmentablagerung abgegrenzt. Diese auch, da sie von einem Bronchialzweige versorgt werden, eine grössere ana-

einlagerung,  
ren meist  
net ist. Es  
steht entw  
regelmässig  
krystallinis  
die sich mi  
der Wand  
chen selbst  
liegen nicht  
geschlossen  
entsteht es  
aus dem  
Theil ist es  
meter um  
Kohlensä  
sogar hier  
mikroskopi  
der Pflanz  
bar ist (T  
etc.). Durc  
einlagerung  
bei Individ  
Staube von  
dualer Art  
scheinen.  
Lungenblä



auf die Gefässe lässt sich die Lunge mit der Leber vergleichen, indem sie wie verschiedene Gefässarten enthält, die sich in ein ungemein reiches Kapillaren. Bei Lungen, deren Blutgefässe man mit einer gefärbten Masse eingespritzt hat, es den Anschein, als setze sich die Wand der Alveolen nur aus Blutgefässen zusammen. Ein ähnliches Bild giebt die Beobachtung der lebenden Froschlunge unter dem Mikroskop, wo das Blut über die Alveolen scheinbar in breitem Bette sich ergiesst, an dem dünnen Wände, die dasselbe durchschneiden, kaum wahrnehmen kann. Das Netzwerk der Kapillaren ist das feinste im ganzen Körper und umspinnt die Luftzellen sehr

Die der Pulmonalarterie verzweigen sich in der Lunge meist den Bronchien nach, doch etwas rascher, sodass sie früher zu feinen Gefässchen werden. Schliesslich bildet jede sekundäre Läppchen seine Arterie, die sich wieder nach der Zahl der primären in feinste Zweige spaltet, welche die einzelnen Alveolen versorgen (Fig. 427). Anfanglich in dem Zwischengewebe der Läppchen treten sie in die Wandung der Luftzellen selbst und reiten sich dort besonders in den elastischen Fasern. Erst hier lösen sie sich in das Kapillarnetz auf. Hier setzen sich die Venen zusammen, die an der Oberfläche liegen und in ihrem weiten Bette die Arterien und Bronchien sich anschliessen. In den Präparaten sieht man leicht, dass jedes feinste Kapillaren sich an dem Kapillarnetze mehrerer benachbarter liegender Läppchen theilhaftig. Die feinsten Kapillaren selbst zeigen hie und da Verbindungen mit den Bronchien. Neben diesen für die eigenthümliche Funktion bestimmten Gefässen besitzt diese noch ein besonderes System zur Ernährung ihres Gewebes, die Bronchialarterien. Diese führen den Sauerstoffreichen Blut zu, geben Aeste für die Lymphgefässe ab, die grösseren Bronchien, die sog. Bronchialarterien, versorgen die Blutgefässe der Lunge, besonders die Bronchien, reichlich mit Ernährungsgefässen. Auch erhält durch sie das nöthige Blut. Die Kapillaren der Bronchialarterien scheinen ihr Blut theilweise dem Blut der Lungenarterie zuzumischen, ein anderer Theil wird durch ein eigenes Venensystem (Venae bronchiales) abgeführt.

Die Lunge ist sehr reich an Lymphgefässen, die nicht nur ein reiches Netz über der Lunge bilden, sondern auch vielfach in dem Gewebe selbst sich verzweigen und mit den Lymphdrüsen: Pulmonal- und Bronchialdrüsen zusammenhängen. Der Sympathikus sendet ihre Zweige in die Nervengeflechte — Plexus bronchialis anterior und posterior —, von denen die Zweige an und in die Lunge zu den Gebilden derselben zu verästeln. Im Lungengewebe selbst sah man Lymphgefässe eingelagert.

**Entstehungsgeschichte.** — Die Lunge erscheint als Anhangsdrüse des Darmkanals. Beim Hühnchen zuerst als eine hohle Auftreibung der Wand des Vorderdarms, bestehend aus drei Schichten, Epithelialrohr und der Faserwand (REMAK) bestehend. Sie entsteht beim Hühnchen etwas später als die Leber, aber schon am dritten Tage findet v. BAER die Lunge dicht hinter der letzten Kiemenspalte zu beiden Seiten der Speiseröhre. Die Entstehung der Lunge scheint bei Säugethieren und Menschen wie bei den Vögeln zu sein. SCHROFF sah bei einem Hundeembryo, dessen Darm in der Mitte noch eine weite Öffnung mit dem Dottersack erkennen liess, die Lungenanlagen als zwei kleine

Fig. 427.

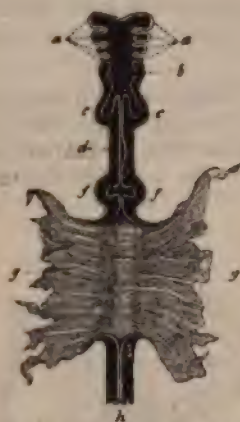


Das respiratorische Kapillarnetz der Pferdelunge nach einer GERLACH'schen Injektion. *b* Die die einzelnen Lungenbläschen mehr oder weniger ringförmig umgebenden Endäste der Arteria pulmonalis; *a* das Haargefässsystem.

dickwandige Ausstülpungen, die noch jede für sich im Anfang der Späres dem Schlunde einmündeten (Fig. 128).

RATHKE, COSTE und KÖLLIKER fanden bei etwas entwickelteren Embryo Mensch von 25—28 Tagen die Lunge als zwei kleine birnformige, mit einer

Fig. 128.



Darm des Hundeembryo von unten vergr. dargestellt. Nach BACHOFF. a Kiemen- oder Visceralbögen, b Schlund- und Kehlkopfanlage, c Lungen, d Magen, e Leber, f Wände des Dottersackes, in den der mittlere Theil des Darmes noch weit übergeht, g Enddarm.

lung versehene Säckchen, welche durch das Ende des Schlundes mündeten. Bei der Entwicklung wuchert die Faserschicht fort, das Rohr erzeugt hohle Aussackungen und Knospen dem Menschen von der 5. Woche beginnend) die Bäumchen von hohlen Kanälen mit kolbig Enden bilden, das immer neue hohle Knospe diese Weise das respiratorische Hohlsystem bei der Besprechung der Entwicklung des eigenthümlichen primären Lage der Lungen geht im Anfang des zweiten Embryonalmonats nimmt Breite und Tiefe des Brustraums ein, unter Speiseröhre und Magen, zwischen der Leber schen Körper (cf. Harnorgane) liegt die Lunge, Zwerchfell, dessen Lendentheil vornehmlich förmig, die Lunge eng umschliessenden Sack hat sie für ihre typische Lage neben und h Raum gewonnen, indem der Brustraum sich während das Herz in seinem Wachsthum relativ Entwicklung der Pleura entspricht der des Ba

Die Placenta ist das Athem- und organ des Embryo. Die Placenta foetalis ent Uteruswand zugewendeten Theil des Chorion, Stelle die Chorionzotten, in welchen sich nuralen Placentargefäße: die zwei Arterien un licalis verbreiten, eine sehr bedeutende E

mannigfachste Verästelung erfahren. Die letzten Enden der so entstehenden sind sehr verschieden gestaltet, kolbig aufgetrieben oder fadenförmig und nahme frei, ohne nahe Verschmelzung mit dem mütterlichen Theil der Pl alle aussen eine Epithelschicht aus Pflasterzellen. In jede Zotte tritt ein arterie ein, der sich bis in die letzten Zottenausläufer verzweigt oder einfach in die Vene übergeht. Die Gefäße des in sich geschlossenen Placentargefä von der mütterlichen Placentarbildung (Placenta uterina) nur durch das d leicht für den Flüssigkeitsverkehr durchdringliche Epithel der Zotten g gefäße der mütterlichen Placenta bestehen aus Arterien und Venen, welche ein Kapillarsystem, sondern durch ein System anastomosirender Lücken t welche ganz und gar von den fötalen Chorionzotten getragen werden, so zotten in diesen Bluträumen der mütterlichen Placenta liegen. Das Blut d also die fötalen Zotten unmittelbar, sodass ein respiratorischer, ernähre rischer Stoffaustausch zwischen dem mütterlichen und embryonalen Blute Die Zotten hängen wie freie Kiemen in die sauerstoffhaltige Ernährung Wie bei dem Menschen ist bei den Karnivoren, Nagethieren und Affen mütterliche Theil der Placenta untrennbar verbunden, sodass mit dem t reißen des mütterlichen Placentatheils von der Anheftungsstelle stattfind Wiederkäuern sind Frucht- und Mutterkuchen ohne Zerreißen trennbar, einigung eine sehr innige ist. Bei den Pachydermen, dem Schwein, fehlt d das Ei ist mit dem Uterus ganz lose verbunden, das Chorion trägt fast Oberfläche kleine Zottchen, welche in leichte Vertiefungen der Uterinschle



**ehenden Anatomie.** — Die Lunge der Vögel liegt im hintersten Theil der Brust-  
 in Rippen verwachsen, Brust und Bauchhöhle sind nicht durch ein Zwerchfell  
 Lungenoberfläche zeigt Oeffnungen, welche die Luft aus den Lungen in  
 Lufträume in dem Herzbeutel und zwischen den Eingeweiden des Unterleibs  
 Lufträume stehen durch besondere Oeffnungen mit den hohlen Knochen in  
 sodass viele Knochen der Vögel mit Luft gefüllt sind. Die Luftröhren-  
 zuletzt kurze, blinde, pfeifenartig neben einander liegende Röhren,  
 ifen, welche mit einander communiciren. Die feinsten Kanälchen zeigen  
 en und gehen endlich in ein schwammiges Gewebe über. Bei der Reihe der  
 sehen wir die Lunge von einfach sackartiger Anlage sich allmählich zu dem  
 Organe entwickeln, das wir bei den Vögeln und Säugern finden. Unter den  
 wandelt sich bei den Dipnoi die Schwimmblase in eine Lunge, indem  
 lenen und abführende Arterien das Organ, das sonst noch ziemlich den Ba  
 umblase zeigt, nun als wahres Athmungsorgan erscheinen lassen (GEGENBAUER).  
 phibien sind die Lungen auch noch Säcke mit zellenförmigen Vorsprüngen  
 in Zwecke der Oberflächenvermehrung. Bei den Reptilien vergrössert sich die  
 che durch Vermehrung der Luftzellen. Bei den Schlangen, Krokodilen und Schild-  
 hon jede Lunge in mehrere grössere und kleinere Abschnitte getheilt, die aber  
 weite Räume communiciren. Bei den Schlangen zeigen die Lungen, indem sie  
 rden, eine Anpassung an die Körperform, die eine verkümmert dabei mehr  
 oder auch gänzlich.

Apparate der Fische sind der Athmung im Wasser angepasst, Kie men, auch  
 ilde, welche von der Wand des Darmrohres her entstehen wie die Lungen.  
 mit Theilen des Visceralskeletts, den Kiemenbogen, in Zusammenhang,  
 Abschnitt des Nahrungskanals, welchen jene umziehen, als Athmungs-  
 enhöhle, fungirt. Der wesentlichste Charakter aller Kiemenbildung liegt in  
 das zu respirirende Medium gerichteten Oberflächenvermehrung der respirato-  
 bran. Zu diesem Zwecke besetzen Blättchen und cylindrische Fortsätze, in  
 as respiratorische Blutgefässnetz verzweigt, in verschiedener Anzahl und An-  
 Kiemenbogen, die entweder bei einfachem Bau der respirirenden Fläche zahl-  
 en, oder eine Reduktion erkennen lassen, wenn der respiratorische Apparat sich  
 glich möglichen Weise complicirt. Am einfachsten, trotz bedeutender Anzahl  
 ogen, ist der Kiemenapparat bei Amphioxus. Der vordere Theil des Nahrungs-  
 then den Stäben des Visceralskeletts wird von vielen Spalten durchbrochen,  
 das vom Munde aufgenommene Wasser an den respiratorischen Gefässen vor-  
 n der Bauchhöhle mündenden Raum einströmt. Bei den Fischen wird das zu  
 Wasser stets durch den Mund aufgenommen und gelangt fast ohne Ausnahme  
 und durch die Kiemenhöhle und die äusseren Kiemenspalten wieder hinaus.  
 ren haben im Anfang aussen anhängende Kiemenbüschel, später athmen sie  
 Kiemen, deren Kiemenhöhle sich nach aussen öffnet. Die Larven der Salaman-  
 kiemenspalten, aber äussere Kiemen. Mit der Beendigung des Larvenzustandes  
 en meist äussere und innere Kiemen. Bei den Perennibranchiaten, z. B. dem  
 en dagegen die äusseren Kiemen zeitlebens in Funktion. Die äusseren Kiemen  
 en lassen sich schon (LEYDIG) als Fortsetzungen der äusseren Haut betrachten. Die  
 t steht überhaupt (cf. Hautathmung) mit der Respiration in Beziehung. Bei den  
 irbellosen, bei denen man keine gesonderten Athmungsorgane antrifft, scheint  
 rperoberfläche dem Gasaustausch zu dienen. Bei den Lungenschnecken sackt sich  
 laut zu mehr oder weniger geräumigen Lungenhöhlen ein, und die Kie men der  
 en, Annelaten, Mollusken und Krebse tragen durchweg, so mannigfaltig ihre  
 falt abändern mag, den Charakter von Fortsetzungen der äusseren Haut (LEYDIG).  
 igen Wirbellosen (Balanoglossus, Tunicaten) steht der Athemapparat wie bei den  
 en mit dem Darmkanal in Beziehung (GEGENBAUER). Bei einer weitem grossen  
 iologie. 2. Aufl.

Gruppe von wirbellosen Thieren wird der Athmungsprocess dadurch bewerkstelligt, dass entweder Wasser das Innere des Körpers selbst durchströmt, in luftführenden Gefässen, oder in wasserführenden Gefässen, Wassergefässsystem (S. 447). Athmung durch Tracheen finden wir bei Arachniden, Insekten und Myriapoden. Tracheen sind cylindrische oder platte Röhren, welche meist nach einfacher Verästelung in die Organe eintreten oder sie umspinnen. Auch die sogenannten Lungen der Spinnthiere sind plattgedrückte, fächerförmige Tracheen (LEUCKART, LEYDIG). Nach aussen sind Tracheen eine bindegewebige Hülle, nach innen eine Chitinauskleidung, welche in der Mitte einer Spiralfaser in das Röhrenlumen vorspringt. Die Tracheen öffnen sich an verschiedenen Stellen des Körpers, ihre querovalen Oeffnungen, Stigmata, sind durch Klappen, die sich nach aussen zu öffnen und zu schliessen. Bei vielen in Wasser lebenden Insektenlarven ist das Tracheensystem dagegen nach aussen geschlossen, sodass dieses das im Wasser vorhandene Sauerstoffgas durch Kiemen abscheiden und aufnehmen muss. Bei den durch Tracheen athmenden Thieren gelangt die Luft direkt zu den feinsten Organelementen und zur Blutflüssigkeit. Bei den durch Kiemen oder Lungen athmenden Thieren das Blut die Athmungsorgane, so sucht bei den durch Tracheen athmenden Thieren die Luft das Blut auf (S. 448).

### Chemische Zusammensetzung des Lungengewebes.

Der Reichthum an ernährenden und besonders an Lymphgefässen spricht für die Bedeutung des Lungengewebes lebhaft chemisch-physiologische Vorgänge statthaben. Die Lunge nicht nur als Träger für die Blutgefässe der Lungenarterie betrachtet, sondern als wahres drüsiges Ausscheidungsorgan, das durch seine eigenthümliche Lebensweise die Gültigkeit der physikalischen Gesetze der Gasdiffusion bei der Athmung namhaft macht. Die Kohlensäureabgabe wesentlich beeinträchtigt. Es findet sich eine grosse Menge Zersetzungsprodukten in der Lunge dem regen Stoffumsatz in ihr entstammend. In der Lunge werden diese leicht diffundirenden Stoffe an das die Lunge passirende Blut abgegeben.

CLOETTA fand in der Lunge (des Ochsen) Inosit, Harnsäure, Taurin. NEUKOMM fand auch Harnstoff und Oxalsäure im Lungengewebe eines in Lungenschmerzkrankheit gestorbenen Menschen. Nach der älteren Angabe von VIALA enthält die Lungensubstanz eine eigenthümliche stickstoffhaltige Säure, welche in der Lunge genommen ebenso die gebundene Kohlensäure austreiben könnte wie eine freie Kohlensäure. Nach CLOETTA ist diese »Lungensäure« Taurin. Nach dem Tode wird die Lungensubstanz deutlich sauer. Es rührt das offenbar daher, dass die sich in der Lunge bildende Säure wie bei anderen Geweben nach dem Tode nicht mehr durch die Blutcirculation weggeschwemmt wird und sich nun anhäufen kann. Daraus folgt, dass eine fortwährende Säureaufnahme des Blutes aus dem Lungengewebe. Sie ist die Ursache, weshalb das Blut, nachdem es die Lungen durchsetzt hat, weniger sauer ist, als es vor der Durchsetzung war. Die Lunge ist ein aktives saure-Ausscheidungsorgan (LEWIS).

Die Aetiole der Lunge wurde von C. W. SCHMIDT nach den klinischen Beobachtungen KUSSMAUL's untersucht. Es finden sich vorwiegend phosphorsaure Verbindungen, die Natronsalze überwiegen die Kalisalze. Das Natron kommt auch als Kochsalz vor. Der Gehalt an Eisen ist der hohe Eisengehalt (auch als phosphorsaure Verbindung, die aus dem Lungengewebe stammt). Ein in den Lungen Erwachsener gefundener Eisen- (und) -gehalt stammt von eingeathmetem Staube, ebenso Thonerde (Glimmer), Zinkoxyd, Kohle (S. 446).

### Die Athembewegungen.

Durch den Lungenbau ist dem Blute in reichem Maasse Gelegenheit gegeben, mit der Luft in Wechselbeziehung zu treten. Es ist hier vor allem die



grosse respirirende Fläche, auf welche das Blut ausgegossen wird, es eine sehr bedeutende Vertheilung, welche jedem kleinsten Bluttheiltheilung giebt, mit Luft in Berührung zu kommen. Die zarten, feuchten Alveolen setzen dem Gasverkehr nur sehr geringen Widerstand entgegen würde die Intensität eines nur auf Diffusion beruhenden Gasverkehrs mit der Luft nicht hinreichen, um in genügend kurzer Zeit die für des Menschen nöthige Erneuerung des Blutes zu bewirken.

Es ist dazu noch ein weiterer Faktor, nämlich die Athembewegungen des Thorax, die mit diesen der Lungen, in Wirksamkeit. Die Bedeutung der Athembewegungen ist darin zu suchen, dass sie den an sich langsamen Gasaustausch zwischen den Luftschichten in der Lunge dadurch unterstützen, dass sie eine Stelle eines Theiles der Lungenluft, die sich schon mit den gasförmigen Respirationsprodukten des Blutes beladen hat, und in der die Intensität der Gassättigungsvorgänge eine geringere ist, neue reine Luft zuführt, mit welcher der Gasverkehr ein entsprechend intensiverer sein kann. Dieser mechanische Faktor in den Lungen durch die Respirationsbewegungen hat also nur die Folge, dass die Intensität der Gassättigung zwischen der Luft und den Gasen des Blutes auf einer bestimmten Höhe zu erhalten. Sowie sich der Kohlensäuredruck in der Lungenluft gesteigert hat, sodass dadurch die Diffusion bis zu einem gewissen Grade aus dem Blute verlangsamt wird, wird in Folge davon Athembewegungen angeleitet, ein Theil dieser Luft ausgestossen und frische Luft dafür zugeführt, in der die Diffusion mit neuer Energie vor sich gehen kann.

Der Thorax hat bei seinen Bewegungen eine Aehnlichkeit mit einem Blasebalg. Wird durch die Einathmung ausgedehnt, sein Innenraum dadurch erweitert. Die Folge ist, dass Luft in ihn einströmt. Sowie er sich dagegen um ein wenig verkleinert bei der Ausathmung, wird eine der eingeathmeten Luftmengen wieder ausgepresst.

Die Vergrößerung des Brust- und Lungenraumes durch die Inspiration ist der Wirkung quergestreifter Muskeln beruhender activer Vorgang. Die Erweiterung des Brustraumes geschieht theils durch eine Veränderung der Form der Lunge, theils durch Herabdrücken des Zwerchfelles. Es erfolgt dadurch eine Vergrößerung des Brustraumes nach allen seinen Durchmessern.

Das Zwerchfell wölbt sich im erschlafften Zustande kuppelförmig in den Brustraum hinein und liegt mit seinen Seitenrändern an der inneren Brustwand. Bei der Zusammenziehung verflacht sich seine Wölbung, seine Ränder ziehen sich von der Brustwand ab; der besonders im Längendurchmesser vergrößernde Brustraum wird von den allen seinen Veränderungen folgenden Lungen ausgefüllt. Durch das Herabdrücken des Zwerchfelles wird der Inhalt der Brust unter einen stärkeren Druck versetzt, welcher theils die elastische Brustwand vorwölbt, theils den comprimibaren Theil des Bauchinhaltes: die Därme zusammendrückt. Die Rippen liegen um den Brustraum nicht als bewegliche Knochenringe; ihre Gelenke und die elastische Biegsamkeit des Brustkorbes, mit denen sie sich an das Brustbein ansetzen, gestatten ihnen eine andere Bewegungsweise. Sie können erstens direkt mit dem Brustbein verbunden aufwärts gezogen werden, andererseits erlauben sie eine Drehung, durch welche ihre in der Ruhe nach abwärts gerichtete Konvexität nach aussen gewendet wird, wodurch die Breitenausdehnung des Brustraumes

nisse für die Profilansicht direkt anschaulich (Fig. 129). Die schwarzen Figuren stellt die Ausdehnung der Brust und des Bauches

Expiration dar. Die ver-  
schwarzte Linie entspricht  
Ein- und Ausathmen. Der  
derselben der Ein-, der  
Ausathmung. Die punktirte  
bezeichnet die Ausdehnung  
Expiration.

Einathmung, Expiration  
ist im normalen Athmen,  
so zu dem Einathmen nur  
kleine Wirkungen. Das activ  
ne Zwerchfell dehnt sich  
und wird durch die vorhin  
den Bauchwandungen ge-  
scheingeweide wieder in die  
Ruhe. Die Rippen sinken wie-  
theils durch die Schwere,  
in die von dem Muskelzug  
Elasticität ihrer Knorpel  
in ihre Ruhelage zurück-  
 allem betheiligt sich aber  
atorischen Verengerung des  
die Lunge selbst mit ihren  
Rästen.

Die Lunge ist so in den Brustraum eingefügt, dass sie allen seinen Bewe-  
gen leisten muss. Es wäre diese Verbindung einfach dadurch zu er-  
reichen, dass Lungenoberfläche und Brustwand innig mit einander  
verwachsen wären. Es ist hier aber hergestellt durch die Wirkungen des  
erhöhten Luftdruckes. Wir sind nicht im Stande, die  
ausgepumpte Luftpumpe von ihrer Unterlage abzuheben, da  
der Druck der äusseren Luft fest auf diese angedrückt wird. Machen  
wir Druck auf beiden Seiten, innen und aussen, gleich, so ist das Ab-  
heben leicht; so lange die Luftverdünnung besteht, scheinen Glocke  
ersetzt aus einem Stück zu sein. Machen wir die Glocke nicht von  
sondern von einem sehr elastischen Material, so sehen wir sie sich durch  
den Druck immer mehr und mehr an ihre Unterlage anpressen, bis endlich  
unter der Gestalt der letzteren der Zwischenraum zwischen beiden ganz  
verschwindet. Die elastische Haut schmiegt sich fest an die starre Unterlage  
und kann sich nicht von ihr entfernen, bis wir wieder Luft zuströmen lassen.  
Nehmen wir einen elastischen, leicht ausdehnbaren Beutel in eine Flasche gehängt  
und zwischen ihm und der Wand die Luft durch Auspumpen oder  
Abpumpen sehen wir den Beutel sich fest an die Wandung anschmiegen und,  
so beweglich ist, allen Bewegungen derselben folgen. Es hat dann  
den Anschein, als wäre der elastische Beutel an die Wände angekittet. Am  
besten findet man zu einem solchen Versuche als Beutel die Lunge eines

Fig. 129.





kleineren Thieres, da eine solche ungemein ausdehnbar ist. Sie legt beschriebenen Weise an die Wandungen an, wenn die Luft zwischen dünnt wurde, wobei sie sehr bedeutend ausgedehnt wird, und sinkt ein kleines Volumen zusammen, wenn Luft zwischen ihre Oberfläche Wandung des Gefässes einströmt. Genau ebenso ist die Einfügung in den Brustraum. Die Lunge liegt mit ihren Wänden direkt der inneren des Thorax an und ist über ihr natürliches Volum ausgedehnt. So lässt die Luft von aussen her zwischen die Brustwand und die Lungenoberfläche gestatten, indem wir etwa durch einen Stich die sogenannte Pleurahöhle so stürzt die Luft mit Gewalt, pfeifend herein und die Lungen sinken zu ihrem natürlichen Volumen zusammen. Eine wahre Pleurahöhle kann nicht existiren, da die Lungenoberfläche — das viscerele Blatt — der Brustwand — dem peripherischen Blatte — genau anliegt. Nur eine kleine Menge seröser Flüssigkeit ist zwischen ihnen vorhanden und erleichtert die Verschiebung der beiden Blätter an einander.

Die Verhältnisse der Lungeneinfügung sind also so, als wäre zwischen Lungenoberfläche und Thoraxwand die Luft vollkommen ausgepumpt und dadurch nicht unbedeutend ausgedehnt. Bei dem ungeborenen Kinde ist noch nicht mit Luft gefüllte atelektatische Lunge dicht an der Brustwand. Der Brustraum ist durch das heraufgedrängte Zwerchfell namentlich sehr eng, sodass ihn die noch nicht ausgedehnten Lungen mit den übrigen Brustorganen vollkommen ausfüllen. Zwischen Lungenoberfläche und Brustwand ist keine Luft und kann auch keine herein. Sobald das Kind zu athmen beginnt, tritt die erste Inspirationsbewegung den Brustraum. Da keine Luft zwischen Lunge und die Brustwand herein, diese sich auch nicht von der letzteren trennen kann, so wird die Lunge mit ausgedehnt, ihre Luftzellen erweitert. Nur Luft tritt in die Bronchien ein, füllt sie bis zu ihren letzten Endausbuchtungen aus, so dass sich nun durch äusseren Druck nicht mehr vollkommen aus ihnen entleeren bleibt die Lunge nach der ersten Athmung schon etwas über ihr natürliches Volumen ausgedehnt. Bekanntlich wird der bleibende Luftgehalt der Lunge nach der ersten Athmung zur sogenannten Lungenprobe in der gerichtet benützt. Eine Lunge, die einem Kinde, das gelebt hat, angehört, sinkt im Wasser geworfen, während eine Lunge eines vor der ersten Athmung benutzten Kindes darin untersinkt. Mit der zunehmenden Körperentwicklung vergrössert sich der Brustraum in stärkerem Verhältniss als die Lunge, die Ausdehnung nimmt dadurch mehr und mehr zu.

In der Brusthöhle herrscht durch diese Einfügungsart der Lunge auf alle Organe ein negativer, sie auszudehnen strebender Druck oder Zug, den wir bei der Blutbewegung nicht unwesentlich betheiligen. Die elastischen Kräfte der Lunge sind beständig bestrebt, diese zu verkleinern auf ihr natürliches Lumen zurückzuführen. Alles was in ihrer Nähe sich befindet, wird dadurch angezogen, elastische Hohlräume, z. B. das Herz, seine Vorkammern und Gefässe ausgedehnt. Bei der Erweiterung des Thorax durch die Einathmung wird die Lunge noch weiter ausgedehnt, der negative Druck im Brustraum also noch weiter verstärkt. Bei mageren Individuen sehen wir bei der Expirationen die Interkostalräume einsinken, bei angeborener Plethora ebenso die die Lungen und das Herz deckende Haut. Sowie die Mus-

lung nachlässt, welche die Ausdehnung des Brustkorbes bewirkte, kommt Elasticität des Lungengewebes zur Wirkung und zieht den Thorax, der nun nicht sich auch nicht von der Lungenoberfläche loslösen kann, wieder in die ursprüngliche Stellung zurück. Die elastischen von der Lunge ausgedehnten Organe üben selbstverständlich auch ihrerseits einen Zug auf die Lunge aus.

Bei gehemmter Athmung tritt auch bei der Expiration Muskelwirkung auf. Die Respirationsmuskeln sind vor allem die Bauchmuskeln, welche die Rippen nach unten ziehen und durch den gleichzeitig auf die Eingeweide ausgeübten Druck das Zwerchfell nach aufwärts drängen. Der Quadratus lumborum und der Quadratus costarum posterior inferior jederseits können sich an dem Herabziehen der Rippen betheiligen, das nach demselben Principe den Brustraum verengert, wie ihn das Zwerchfell vergrösserte. Dabei können die Lungen bei geschlossenen Athembewegungen so zusammengepresst werden (cf. S. 400), dass dadurch der Brustraum ein positiver wird, was man an der Hervorwölbung der Interkostalräume oder dem sackartigen Hervorpressen der Hautdecke über Herz und Lungenarterien angegeborener Fissura sterni direkt sehen kann.

Die Erweiterung und Wiederverengerung des Thorax und damit die Veränderung der Luftmenge ist bei ruhigem Athmen nicht bedeutend. Es kann durch tiefe Athmen weit mehr Luft ein- und ausgetrieben werden. Die Menge der Luft, welche nach der stärksten Inspiration ausgeathmet werden kann, nennt man die Vitale Kapazität der Lunge, welche HUTCHINSON für den Erwachsenen mit 3772 Cub.-Cent. bestimmte. Auch nach der tiefsten Expiration ist noch ziemlich viel Luft in der Lunge enthalten. Diese rückständige Luft liegt zwischen 1200—1600 Cub.-Cent. Nach einer tieferen, seichtereren Ausathmung bleiben noch etwa 500—600 Cub.-Cent. zurück (2500—3400). Der Ueberschuss über die erstere Menge wird als Reserveluft benannt. Bei der durch einen gewöhnlichen, ruhigen Athmzug ausgeathmeten Luft, die Respirationsluft, beträgt die Menge etwa 500 Cub.-Cent. Was bei tiefster Inspiration aufgenommen wird, heisst Complementärluft. Nach Hutchinson sind diese Grössen bedeutend bei verschiedenen Altersstufen und Körperzuständen, namentlich mit Ruhe und Bewegung. Aus den angeführten Zahlen ergiebt sich, dass bei einer gewöhnlichen Athmung kaum mehr als  $\frac{1}{6}$  der in der Lunge enthaltenen Luft erneuert wird (Fig. 130), obwohl die Athmung findet eine Mischung der Lungenluft mit dem neu aufgenommenen Luftantheil bis zu den feinsten sich erweiternden und dabei Luft einsaugenden Capillaren statt. Letztere werden sich freilich zunächst nur mit der in den feineren Bronchien enthaltenen Luft füllen, so dass die Erneuerung ihres Inhaltes nicht so gross sein kann als in den anderen Schichten der Lunge. Es muss daher stets den grössten Kohlensäuregehalt der Luftschicht an den Lungenbläschenwandungen und die direkt an den Lungenbläschenwandungen vertheilte Luftschicht kann sich in ihrer Kohlensäurespannung leicht von dem Blute selbst unterscheiden.

Fig. 130.



Nach HUTCHINSON. Die verschiedenen beim Athmen unterschiedenen Luftvolumina *a b* rückständige Luft, die nach möglichst tiefem Ausathmen noch in der Lunge verbleibt. *b c* Reserveluft, *c d* Respirationsluft, *d e* Complementärluft. *b e* Vitale Kapazität oder Athmungsgrosse,



**Messapparate der Athembewegung.** — Die Vitalkapazität wird durch Athmen einer in Wasser getauchten und mit Wasser gefüllten Glocke; Spirameter Messen des ausgeathmeten Luftvolums erlaubt, bestimmt. Damit das Gewicht des Ausathmens nicht behindert, ist dieses durch daran gehängte Gewichte äquidistanten Praxis hat dieses Instrument wenig Anwendung gefunden, da es ein Athmen voraussetzt, um richtige Zahlen zu geben. Die Ausdehnung des Thorax bei jedem Athemzug wird durch Thorakometer gemessen, unter denen ein Centimeterbandmaass, das man um die Brust legt, und mit dem man während den Exkursionen messend folgt, das einfachste und zweckmässigste scheint. Pneumograph ist ein Gürtel, zum Theil aus einem elastischen Hohlzylinder, der sich bei der Inspiration erweitert und mit einem Manometer verbunden sein kann, auf die Kymographiontrommel registriren kann. Durch Einstechen von Nadeln an Thieren die Athembewegungen messen und sich auch selbst registriren lassen. Anschlag an Glocken. Bei ROSENTHAL'S Phrenograph wird ein Fühlhebel am Abdomen her an das Zwerchfell angelegt, dessen Bewegungen man direkt auf sich in der gewöhnlichen Weise aufschreiben lassen kann.

**Athemgeräusch.** — Das Einströmen der Luft bringt in den Athmungsorganen Athemgeräusche hervor, deren Veränderung durch krankhafte Zustände von Wichtigkeit werden. Man hört sie, wenn man das Ohr auf die Brust oder auf die starrten, weiteren Hohlräumen: der Luftröhre, den grossen Luftröhrenästen, einfach hauchend; in den feineren Bronchien mehr schlürfend, zischend. Man hört letztere, *w* oder *f* ähnliche Geräusch vesikuläres Athmen, das erstere bronchiales Athmen. Das vesikuläre Athmen zeigt sich normal nur bei Kindern, bei denen auch die Ausathmung ein deutliches Geräusch verursacht. Bei Erwachsenen sind die Geräusche undeutlich, bei der Expiration meist gar nicht. Durch verstärkte In- oder Expirationen unter dem Einfluss von Gemüthsbeleidigungen hören wir auch bei Erwachsenen laut hörbare Geräusche, die in der Stimmritze und der Luftröhre entstehen: Seufzen, Gähnen, Schluchzen. Jeder Inspiration wird ein Druck auf die Baucheingeweide ausgeübt; wird verstärkt durch Verschluss der Stimmritze nach starker Einathmung verstärkt, und zeitig die Bauchmuskeln kräftig kontrahirt, so können dadurch Mastdarm, Blase ihrem Entleerungsbestreben unterstützt und entleert werden: Bauchpresse.

Den negativen Druck im ruhenden Thorax durch die Elasticität der Lunge hat DONDERS zu etwa 6 Mm. Quecksilber bestimmt, indem er an einer luftdichten Luftröhre durch ein Manometer verschloss und nun die Brusthöhle durch Öffnen der Luftröhre öffnete. Kontraktion der Bronchienmuskulatur werden durch Verengung deren Raum dann auch zum Theil von dem Alveolengewebe der Lunge eingenommen, den negativen Druck in der Lunge steigern müssen.

Die Spannung der Luft in der Lunge erfährt bei ruhigem Athmen keine Veränderungen. In der Luftröhre beträgt sie bei der Expiration höchstens bei Inspiration nur 1 Millimeter Quecksilber, in den Lungen selbst ist der Druck meist noch geringer. DONDERS führte in ein Nasenloch luftdicht ein Manometer, an dem der Quecksilberstand er auf einer Kymographiontrommel registrirte. Bei starker Bewegung sah er den negativen Inspirationsdruck auf 36—74 Mm., den positiven Expirationsdruck auf 82—100 Mm. Quecksilber steigen. Bei schwachen und stärksten Athmen fand ich das gleiche Verhältniss, dagegen finde ich bei mittelstarkem Athmen gleiche Verhältnisse bei Aus- und Einathmung gleich.

Beim gewöhnlichen Inspiriren wird der Widerstand, welchen die Lunge der Ausdehnung entgegensetzen, das Gewicht des Thorax u. s. w. durch Muskelaktion überwunden. Die Kraft, welche bei einer Inspiration gewöhnlich zur Überwindung kommt, berechnet DONDERS, abgesehen von der Torsion der Rippen, zu 4 Pfund. Beim gewöhnlichen Expiriren wirkt dieses Gewicht grösstentheils als Elastizität.

zung in der Lunge. GRÉHANT hat den Verkehr der eingeathmeten Luft mit der Lunge befindlichen dadurch zu bestimmen versucht, dass er auf einmal 500<sup>cc</sup> einathmete, und nun bei nachfolgender Luftathmung konstatierte, wann aller Wasserstoff die Lunge wieder verlassen hat. Er fand die Athemluft erst nach Athemzüge wieder wasserstofffrei. Annähernd so wird es sich auch mit der atmosphärischen Luft verhalten. Nach der ersten Ausathmung (500<sup>cc</sup>) sollen 330<sup>cc</sup> Wasserstoff noch 330<sup>cc</sup> in den Lungen sein, welche sich gleichmässig ver-

Dieses Resultat überträgt GRÉHANT direkt auf die eingeathmete atmosphärische Kubikcentimeter Alveolenluft würde dann bei einem mittleren Lungenvolumen bei einer Einathmung von 500<sup>cc</sup> atmosphärischer Luft  $\frac{330}{2930} = 0,113^{cc}$  frischer

erhalten. Diese Zahl 0,113<sup>cc</sup> wird als Ventilationcoefficient bezeichnet. Grösse, wie man sogleich sieht, von dem Lungenvolum und dem inspirirten abhängig ist. Das Lungenvolumen bestimmte GRÉHANT ebenfalls durch Einathmung, indem er aus einem geschlossenen Raume, der primär 1 Liter enthielt, so lange athmete (4—6 Athemzüge genügten), bis sich der Wasserstoff in der Lungenluft und der ausgeathmeten Luft vertheilt hatte. Er bestimmte den Wasserstoffgehalt in dem anfänglich ganz mit Wasserstoff angefüllten und konnte nun unter der Annahme, dass der fehlende Wasserstoff sich in der demselben Procentverhältniss vertheilt hatte wie aussen, das Lungenvolumen bestimmen. Er fand so bei Erwachsenen eine Schwankung des Lungenvolumens von 2,190<sup>cc</sup>

#### Frequenz der Athemzüge und der Nerveneinfluss auf die Athmung.

Die Frequenz der Athemzüge in der Minute ist nach verschiedenen Umständen verschieden. Schon bei geringen Muskelanstrengungen z. B. sehen wir den Puls sich beschleunigen, und zwar noch früher als die Frequenz der Athemzüge, die wir unter demselben Einfluss zunehmen sahen. Schon allein deshalb wird unsere Aufmerksamkeit auf die Athembewegungen richten, um ihren gewöhnlichen Rhythmus. Wenn wir bei irgend Jemandem die Athemzüge zählen wollen, so müssen wir das, um sichere Resultate zu erhalten, sein Vorwissen thun. HUTCHINSON zählte bei beinahe 2000 Personen die Athemzüge, und es stellte sich heraus, dass die grösste Frequenz zwischen 16 und 24 Mal in der Minute athmeten, dabei kamen 20 Athemzüge in der Minute weitaus am häufigsten vor (von 1731 athmeten 524 20 Mal in der Minute).

Die unterste Zahl für die Athemfrequenz Gesunder war 9, die höchsten und niedrigsten Zahlen sind beide gleich selten. Jeder Athemzug macht im Durchschnitt das Herz vier Kontraktionen. Nach der Herzkontraktionen, so sinkt auch die Frequenz der Athembewegungen von der Geburt bis zum kräftigsten Mannesalter, um von da wieder zu zunehmen.

Die Untersuchungen von QUETELET ergaben:

	mittlere Frequenz der Athmungen in der Minute
Neugebournes Kind . . . .	44
5 Jahre alt . . . . .	26
15—20 „ . . . . .	20
20—25 „ . . . . .	18,7
25—30 „ . . . . .	16
30—50 „ . . . . .	18,1



In Krankheiten kann die Zahl der Athemzüge bedeutend sinken, viel häufiger steigen. Alles, was die Oxydationen im Organismus, Fieber, Entzündung etc., steigert auch die Athemfrequenz; eine im Allgemeinen gesteigerte Körpertemperatur bringt eine gesteigerte Athemfrequenz hervor und Athemfrequenz steigern sich dabei ziemlich gleichmässig. Wirksamste Momente, welche die Herzaktion verändern, auch bei der Athemfrequenz. Verdauung, Gemüthsbewegung, Schwächezustände vermehren. Das weibliche Geschlecht zeigt meist eine grössere Athemfrequenz als das männliche.

Wir können die für gewöhnlich unwillkürlich vor sich gehenden Athembewegungen auch willkürlich anregen, in ihrem Rhythmus und ihrer Frequenz ändern, für kurze Zeit auch ganz unterbrechen. Doch zwingt nach einer solchen Unterbrechung uns sehr bald die »Athemnoth« zu unwillkürlichen, sehr beschleunigten Athembewegungen. Das von dem Willen aus, aber nicht von dem Gehirn, sondern von einem peripherischen, auch automatisch erregbaren Centrum dieser complicirten Bewegungen, welche zu einer Erweiterung und Verengerung des Brustraumes und der Lungen führen, ist in dem Hirn, genauer in der Medulla oblongata gelegen und zwar an einer ganz umschriebenen Stelle desselben, nämlich an der Ursprungsstelle des Vagus und Accessorius. Die Jäger kennen diese Stelle, welche dem angeschossenen Thiere der Hirschfänger eingestossen wird, als »das Athmen« und mit diesem das Leben sofort vernichtet. Die Franzosen kennen daher dieses Athemcentrum: *Noeud vital* (FLOURENS). Von ihm ausgehend verlaufen die Athemnerven (*Nervi phrenici*, die äusseren Thoraxnerven) in Action und dann ihrerseits die Athemmuskulatur zur Thätigkeit anzuregen. Unmittelbar pflanzt sich von dieser Stelle aus ein regulirender Antrieb auf die Athembewegungen fort. Das Experiment beweist, dass diese Regulirung in einer vollständigen Abhängigkeit von dem Vagus steht. Es gelangen wahrscheinlich verschiedene Aeste oder Verbreitungsbezirke des Vagus in den Eingeweiden (z. B. den Lungen) zu dem *Noeud vital* die eine raschere Erregungsfolge der Athemnerven hervorzurufen. Es scheint das dadurch bewiesen zu werden, dass nach Durchschneidung des Vagus am Halse die Athemfrequenz sehr bedeutend sinkt. TRAVERS hat nach der Durchschneidung die elektrische Reizung des centralen Vagus vorgenommen und die Athemfrequenz in der Mehrzahl der Fälle wieder beschleunigt und durch Verstärkung der Reizung sogar eine krampfartige Einathmung hervorzubringen kann. Die Athembewegungen werden während der Verlangsamung nach der Vagusdurchschneidung entsprechend tiefer, sodass keine Verminderung der in einer gegebenen grösseren Zeit ein- und ausgeathmeten Gasmenge eintritt, wie im Chemismus des Gaswechsels (VOIT und RAUBER) eintritt. Die Medulla oblongata bleibt also im Ganzen die gleiche, sie wird nur anders beeinflusst. J. ROSENTHAL fand neben dieser letzten Beobachtung noch weiter, dass die Hand mit diesem zur Inspiration reizenden Erregungszustand, der im Rückenmark läuft, dem *Noeud vital* auch noch von den sensiblen Nerven des Halses, vom *Nervus laryngeus superior* eine entgegengesetzte Erregung übermitteln werden kann. Wird der genannte Nerve durchschnitten und sein Centrum elektrisch gereizt, so verlangsamt sich die Athemfrequenz, endlich stehen die Athembewegungen sistiren ganz, bei starker Reizung treten sogar die Ausathmuskeln in Thätigkeit. Der vierten Marke — centripetal — zugeleitete Erregungszustand des Vagus

piration an, die in dem Laryngeus superior verlaufenden Nervenfasern dagegen reflektorisch vom Kehlkopf aus das Athemcentrum zur Einleitung Expirationsbewegungen veranlassen. Da also der Laryngeus die Bewegung der Inspiration verhindert und wenigstens primär die Athmung verlangsamt und ganz unterbricht, so kann man ihn als einen Hemmerv für das Athemcentrum ansprechen, ähnlich wie wir den Vagusstammungsnerven für die nervösen Herzcentralorgane kennen gelernt haben. Stärkere Reizung sehen wir freilich, was bei anderen Hemmungsnerven der Fall ist, eine Reihe neuer Bewegungen (Expirationsbewegungen) auf. Vagus und Laryngeus superior sind regulirende Nerven für die verlangsamend wirkende Fasern sollen dem Noeud vital auch durch Nerven, vor allem den Laryngeus inferior zugeleitet werden (Pflüger, u. A.). Expirationsbewegungen scheinen unwillkürlich, reflektorisch (Reize der sensiblen Hautnerven eintreten zu können, wenigstens sind Schauern vor Kälte krampfhaft, geräuschvolle Expirationsbewegungen, dagegen erregt das Erschrecken durch Anspritzen mit kaltem Inspirationen. Die erste Athembewegung des Neugeborenen wollte er allein vom Kältereiz der von der Haut aus auf das Athemcentrum würde, ableiten, sicher wirkt hier die durch die Unterbrechung der Athmung eintretende Veränderung in dem Blute mit, welche auf das Centrum erregend wirkt. Bei Hirndruck sehen wir die Zahl der Athembewegungen bedeutend bis auf mehr als die Hälfte herabgesetzt, ebenso die Puls-

Athmung kann bei Kaninchen ganz unterdrückt werden, wenn man das Sauerstoff z. B. durch künstliches Einblasen desselben in die Lungen und gesättigt erhält. J. ROSENTHAL nennt diesen von ihm entdeckten Zustand Apnoe, in welchem letzterer aus Ueberschuss an Sauerstoff nicht zur Erhaltung seiner Verbrennungen nicht zu athmen braucht: Apnoe ist ein Unterschied von der Athemnoth Dyspnoe, welche in Folge von Sauerstoffmangel im Blute eintritt und mit den beschriebenen starken, krampfhaften Athembewegungen und allgemeinen Muskelkrämpfen einhergeht. Ausser dem Sauerstoffmangel scheint wohl auch die Kohlensäure anregend auf das Athmungscentrum zu wirken. Die vermehrte Anwesenheit der Kohlensäure im Blute und hochgradiger Sauerstoffmangel lähmt endlich das Centrum der Athembewegungen, so dass gar keiner Aktionen mehr fähig ist. Ebenso lähmt die Kohlensäure die übrigen Ganglienapparate des Gehirnes und Rückenmarks.

ROSENTHAL hat angenommen, dass der Ausdehnungszustand der Lunge mechanisch inspiratorischen Fasern erregt, und zwar scheint dabei insofern eine Selbststeuerung der Lunge einzutreten (Hering), als die Ausdehnung der Lunge bei der Inspiration die inspiratorischen Fasern erregt, während umgekehrt durch das Zusammenfallen der Lunge bei der Expiration die beschleunigend wirkenden, inspiratorischen Fasern erregt werden.

Man hat darüber diskutiert, ob das die Anregung vermittelnde Moment in der Medulla oblongata der Sauerstoffmangel oder die Kohlensäureüberladung im Blute und der Gewebe der betreffenden Lokalität sei. Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel wirken aber normal meist gemeinsam zur Wirkung, ebenso das umgekehrte Verhältniss. C. S. Experimente zeigen, dass Sauerstoffmangel ohne Kohlensäureanhäufung bei der



Athmung in indifferenten, sauerstofffreien Gasen, Athmung anregt und Dyspnoe wirkt aber auch das Einblasen sauerstoff- und kohlensäurereicher (Traube), sodass die Frage gegenwärtig noch unentschieden scheint. Am wahrscheinlichsten scheint es, mit Pflügen zu schliessen, dass sowohl Sauerstoffmangel als Kohlensäureerregend auf das Athmungscentrum wirken. Wenn das Blut sehr sauer wirkt aber offenbar nach ROSENTHAL's Experiment über Apnoe die Kohlensäure erregend als sonst. Vielleicht betheiligen sich, wie ich aus meinen Beobachtungen an ermüdenden Stoffen schliesse, noch andere aus dem Stoffwechsel hervorgehende, der Reizung des Athmencentrums und die daraus resultirende Veränderung der Blutveränderung, welche die Athmung anregt, braucht nach Experimenten nur lokal in dem Gefässgebiete der Medulla einzutreten, was man durch Störung des arteriellen Zuflusses oder venösen Abflusses des Blutes vom Gehirn hervorrufen kann.

Für den Arzt ist die Kenntniss der Erscheinungen, die man unter diesen Umständen zusammenfasst, und die schliesslich in Erstickung, Suffokation übergehen von grosser Wichtigkeit. Die Veränderungen, welche das Blut bei irgendwie erzeugter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe in der Athmung erfährt, bewirken d. h. zunächst eine Verlangsamung aber besonders eine Verletzung der Arbeit der accessorischen Athmuskeln. Dadurch wird bei Athmung atmosphärischer Luft dem Blute mehr Sauerstoff zugeführt, die Kohlensäure abgeführt, sodass der gestörte Athmungsvorgang dadurch mehr oder weniger zurückgeführt wird, im Sinne einer Selbststeuerung. Steigern sich dagegen die Blutveränderungen noch weiter, so müssen wir zwischen den Wirkungen der Anhäufung und den Wirkungen der Sauerstoffverarmung des Blutes unterscheiden. Die erstere bewirkt zunächst nur gesteigerte Dyspnoe, letztere allgemeine klonische Krämpfe der Körpermuskeln, welche von einem ebenfalls in der Medulla oblongata gelegenen Centrum ausgehen. Auch die Athembewegungen bekommen nun einen krampfhaften Charakter, die Gefässmuskeln kontrahiren sich, was man an dem Erblässen des Auges bei erstickenden Kaninchen direkt konstatiren kann. Störung in der Blutvertheilung z. B. Verschluss der Korotiden und Vertebralarterien, ebenso Verschluss der Halsarterien (MAUL, TENNER) bringen auch zunächst Dyspnoe und dann Allgemeinkrämpfe hervor. Steigerung der durch die Störung in der Blutcirculation entstehenden Gewebsveränderungen in der Medulla (Anhäufung ermüdender Substanzen) bewirkt Mangel des zu jeder Aktion der Gewebe wie des Protoplasma nöthigen Sauerstoffes, die Erregbarkeit der Nervencentra und damit die Athembewegungen unterbricht. Asphyxie tritt ein, aus der mit dem Aufhören der Herzaktion der Tod resultirt. Künstliche Respiration ist noch im Stande das Leben wieder zu bringen, wenn das Herz noch schlägt. Die künstliche Athmung besteht am besten in dem Zusammenpressen des Brustkorbes, mit den beiderseits aufgelegten Händen der Asphyktische auf dem Rücken gelagert wird. Der Mund des Patienten wird durch Anwendung von Gewalt, z. B. durch Einschieben von passenden festen Gegenständen zwischen die Zähne, geöffnet, die Zunge mit einem Tuche erfasst und weit herausgezogen, um den Kehldeckel zu heben. Hierbei Oeffnen der Fehlschlüsse, Luft zuzuführen, natürlich Entfernung aller den Patienten in der Athmung hindernissen etc. Man übt den Druck mit den Händen beim künstlichen Zusammenpressen der Mitte und den unteren Abschnitt des Brustkorbes aus, wodurch auch das Zwerchfell beeinflusst wird, das man auch durch Auflegen der Hand auf den Bauch einwirken lässt. Pressen desselben mit der Richtung nach oben allein zur künstlichen Athmung kann. Vor Anwendung roher Gewalt hat man sich zu hüten, namentlich bei Neugeborenen. Nach langsamer Unterbrechung des Placentarkreislaufs bei Geburt tritt Asphyxie bei Neugeborenen bekanntlich häufig auf, bedeutende Störungen im Blute mit Dyspnoe sich einstellen, ohne Geleg-

nahme durch die Lungen gegeben war. Bei der Rückkehr der normalen Athmung der künstlichen sieht man zunächst einzelne krampfartige Athembewegungen auf, aus denen sich bei Rückkehr des Lebens die normale Athemfolge entwickelt. Anwendung der Elektricität zur künstlichen Athmung vergleiche man unten bei Elektricität.

Das Blut der Erstickten ist nach SETSCHENOW sauerstofffrei, das arterielle wie das venöse, die keinen Farbenunterschied mehr zeigen, beide sind schwarzroth. Das vorsichtig ohne Zutritt mit dem Spektroskop untersuchte Blut zeigt das Spektrum des reducirten Haemoglobins (S. 360). Die Kohlensäure ist dem Sauerstoffmangel nicht entsprechend vermehrt, der Sauerstoffgehalt des Blutes, sein Gehalt an gebundener Kohlensäure scheint unverändert. Die blaue Cyanose, die sich bei andauernder Dyspnoe einstellt, kennzeichnet sich durch bläuliche Färbung der Lippen und Schleimbäute und die livide Blässe der ganzen Haut, der Körper ist kühl, schlaff, Neigung zu Schlafsucht, Sopor stellt sich ein, die Athmung ist frequent. Alle diese Erscheinungen beruhen auf dem Mangel an Sauerstoff, der das Leben unterbricht und den Stoffwechsel und damit Wärme- und Kraftproduktion herabsetzt.

Dyspnoe und die daraus sich entwickelnde Asphyxie und Erstickung haben wie gesagt die Mehrzahl der Fälle ihren Grund in mangelnder Sauerstoffzufuhr zum Blute, sei es zum Gesamtblute oder zu dem Blute des Athemcentrums allein. Der Sauerstoffmangel kann hierbei eintreten, entweder dadurch, dass die Zufuhr desselben zum Blute ganz vernichtet ist durch Behinderung in der Athmung: Verschluss der Stimmritze, Verengung der Bronchien, Zusammensinken der Lunge durch Druck (Pneumothorax oder Hämorrhagie), theilweise krankhafte Unwegsamkeit des Lungengewebes; die Athembewegungen z. B. bei Chloroformirten aufhören oder bei Neugeborenen nicht beginnen. Auch Verengung der Hautathmung (Firnissen) scheint zum Theil in seinen Wirkungen hierher zu gehören. Andererseits kann aber auch das Blut nicht oder nicht genügend zu den Respirationsorganen gelangen, entweder indem es in den nervösen Centralorganen der Athmung durch Verschluss der Pulmonalis oder deren Hauptzweige, oder es fehlt das Blut bei der Verblutung mehr oder weniger ganz. Der absolute oder relative Mangel des Sauerstoffs im Athemmedium kann ebenso Mangel der Sauerstoffzufuhr bewirken, z. B. bei Verengung im abgeschlossenen Luftraum, wobei aber auch die Kohlensäure noch mit zur Verhinderung kommt, dann bei dem Versuch der Athmung in indifferenten Gasen, im Wasser etc.

Die eigenthümliche Ursache der Sauerstoffverarmung des Blutes haben wir schon oben bei der Aufnahme von Kohlenoxydgas und Schwefelwasserstoffgas in's Blut bei der Asphyxie kennen gelernt. Das erstere Gas treibt den im Blute befindlichen Sauerstoff aus demselben, die Blutkörperchen (Haemoglobin) zunächst unfähig, wieder Sauerstoff in sich aufzunehmen. Andere Gase, wie z. B. der Schwefelwasserstoff, entziehen, wie wir sehen, dem Blute seinen Sauerstoffgehalt. Asphyxie aus Kohlenoxydvergiftung kann durch Wiederherstellung der Athmung wohl niemals aufgehoben werden, hier ist die Transfusion des Blutes nöthig. Ist die selbständige Athmung dagegen nur gestört und unregelmässig, Dyspnoe, so kann künstliche Athmung am Platze, da dann noch nicht alles Blutroth sich mit Kohlenoxyd verbunden hat und der gesunde Rest des Blutes bei gesteigerter Athmung noch hinreicht, das Leben zu erhalten.

Als Gase, sowohl für die Athmung als das Leben indifferente Gase bezeichnet man solche, die mit der genügenden Sauerstoffmenge gemischt, eingeathmet, das Leben nicht bedrohen, für sich allein geathmet aber auch das Leben nicht erhalten können. Nur Sauerstoff und Wasserstoff scheinen ganz indifferent, man führt auch noch das Grubengas an. Der Verschluss der Stimmritze tritt durch die Wirkung der sogenannten irrespirablen Gase ein, welche Stimmritzenkrampf erzeugen. Hierher gehören alle gasförmigen Gase, zunächst die Kohlensäure, Salzsäure, schwefelige Säure etc., und die säurebildenden Gase, z. B. Stickoxydgas, das sich mit Sauerstoff in Untersalpetersäure verwandelt. Alkalische Gase: Ammoniak, Methylamin etc., sowie Chlor und Ozon bewirken



Stimmritzenkrampf, führt man diese Gase durch Lufröhrenfisteln ein, so wie sie erregen Lungenentzündungen (TRAUBE), ebenso, wenn nach Durchschneidung der Vagi oder Laryngei inferiores die Stimmbänder gelähmt sind.

Ueber das Verhalten der Gase zum Blute vergleiche man bei Blut oben.

**Die Bewegungen der Lunge.** — Die Athembewegungen der Lungen können deutlich sichtbar gemacht werden, dass man in einiger Ausdehnung die Brustwand bei Inspiration abträgt bis auf das Rippenfell, die Pleura costalis. Man sieht dann durch diese Membran die Lungen sich verschieben. Die Verschiebung findet vor allem von vorn nach hinten statt, wenn das Zwerchfell sich abplattet und von der Brustwand loslöst. Da die Lunge zieht dabei auch Kehlkopf und Lufröhre nach abwärts, wie man an der Halsgegend sehen kann. Die Erweiterung des Thorax nach der Seite und nach hinten, so wie die Lungen, sich auch von vorne nach hinten zu verschieben. Bei jeder starken Inspiration schieben sich, wie schon bei der Besprechung des Herzstosses angeführt wurde, die Lungenränder zwischen Herzbeutel und Pleura ein, sodass das Herz, welches bei der Ausathmung in ziemlicher Ausdehnung der Brustwand anliegt, nun von den sich verschiebenden Lungenrändern getrennt wird. Bei dem Menschen kommt krankhafte Verwachsungen der beiden Pleuraplatten vor, dadurch wird die Verschiebung der Lungen an der Brustwand, wenigstens an den Stellen der Verwachsung, ganz verhindert, und die Ausdehnung der Brust nach der Richtung, welche die Verwachsung fordern würde, unmöglich gemacht. Durch derartige ausgedehnte Verwachsungen, wie sie in Folge von Entzündungsprocessen der Pleura bei Lungenkrankheiten vorkommen, nimmt daher die vitale Capacität der Lungen oft bedeutend ab.

Für den Arzt sind noch einige Veränderungen des mechanischen Athmens von Wichtigkeit: Niesen und Husten. Beides sind reflektorische Vorgänge. Auf eine tiefe Inspiration eine oder mehrere kräftige, plötzliche Expirationsstöße. Husten folgt vor den Expirationsstößen noch ein krampfhaftes Verschlussritze, welcher Verschluss durch die heftigen Ausathemstöße für kurze Zeit wird. In diesem Fall wird der Brustraum so weit zusammengepresst, dass der Druck in ihm in einen positiven verwandelt werden kann. Es tritt dann eine Erweiterung ein, die sich besonders am Kopfe sichtbar macht: Blauhusten etc.

Der Husten entsteht reflektorisch durch Reizung der Luftwege (Laryngitis) oder aber auch willkürlich zur Entfernung von Schleim etc. aus diesen hervorgegangen. Das Niesen entsteht sogar nur reflektorisch durch sensible Reize der Nasenschleimhaut (geminus). Bei einigen reizbaren Individuen entsteht es auch durch Blicken in die Sonne. Beim Schnäuzen wird willkürlich ein kräftiger Luftstrom durch die Nase, bei dem Räuspern durch den Kehlkopf in den Mund getrieben, um in den Höhlen vorhandene Substanzen (Schleim etc.) zu entfernen. Das Schnäuzen besteht in Erschütterungen des erschlafften weichen Gaumens durch den Luftstrom.

**Betheiligung der luftzuführenden Organe an der Athmung.** — Die Nasenhöhle, durch den Mund in geringerem Grade die Mundhöhle, der Kehlkopf, die Luftröhre und Bronchien dienen nicht nur zu vorläufiger Erwärmung der inspirirten Luft, sondern reinigen dieselben auch zum Theil von gröberen schädlichen Beimengungen. Die Haare am Eingang der Nasenhöhlen zurückgehalten werden oder an den überzogenen Wänden der genannten Höhlen haften bleiben. Fast in der ganzen Strecke findet sich Flimmerbewegung, welche, nach aussen gerichtet, Schleim, Staubbeimischung und andere eingedrungene Partikelchen heraus schafft, und nach aussen gerichtete Luftstrom bei der Expiration willkürlich oder unwillkürlich stark mit betheiligen kann.

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Auswurf, Sputum. Man fasst unter Alles zusammen, was aus den Respirationswegen: Mundhöhle, Schlund, Trachea und Lungen stammend durch den Mund ausgeworfen wird.

alen Auswurf findet sich Schleim von den Schleimdrüsen der genannten Organe. Dem Schleim ist stets Speichel zugemischt und oft aus der Mundhöhle (hohlen) die mannigfaltigsten Speisereste.

haften Zuständen der Organe kann der Auswurf flüssiges Blut, Eiter, Tuberkel-ze zerstörten Lungengewebes, Gewebeelemente des Larynx, anorganische Kon-ss den Luftwegen und der Mundhöhle, parasitische Bildungen aus diesen Organen, Pseudoplasmen etc. enthalten (Fig. 134).

roskop zeigt unter Umständen im Auswurfe  
osse Mannigfaltigkeit der Formen:

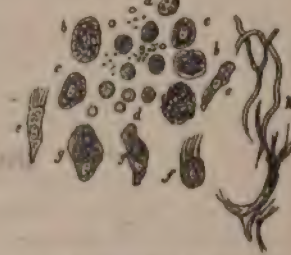
githelien der Mundhöhle, Flimmerepithelien  
ionswege, Schleimkörperchen, Eiterkörper-  
henzellen, Faserstoffgerinnsel, Pigmentkörper-  
en und frei, Fettröpfchen, Blutkörperchen,  
orten Lungengewebes (elastische Fasern, so-  
ingenfasern (Fig. 134) glatte Muskelfasern (?).  
en, Krebszellen verschiedener Art, Kalkkon-  
nochenstückchen; im Auswurf Tuberkuloser:  
re Ammoniak-Magnesia und Cholestearin;  
e, Infusorien. Hie und da Stücken des Echi-  
minis. Oft auch Reste von Speisen: Pflanz-  
ellfasern (nicht mit Lungenfasern zu verwech-  
kekörner, Muskelstückchen; durch Speise-  
er Auswurf auch gefärbt sein.

emische Untersuchung der Sputa wird in den  
Allen angezeigt sein. Hie und da (bei Icteri-  
sich in den Sputis Gallefarbstoff durch Sal-  
nachweisen. In einem Falle (cf. Galle) sah ich  
ta reiner Galle bestehen, der nur noch etwas  
gemischt war. In der filtrirten Flüssigkeit

4 nur in reichlichster Menge Gallefarbstoff, sondern direkt auch Gallensäure mit-  
FTENKOFER'schen Probe nachgewiesen wurden. Es hatte sich eine Leber-Lungen-  
let, durch welche meist alle gebildete Galle entleert wurde. — Broncho-blenor-  
uta enthalten Schwefelwasserstoff als Ursache ihres Geruchs.

ider Bronchitis finden sich in den Sputis Pfröpfe, die anfänglich neben Detri-  
chlich aus Eiterkörperchen bestehen, sie sind weiss, später werden sie schmutzig  
iht nur Detritus, in welchem sich nadelförmige Partikeln (Fettsäuren) und wahre  
en und grössere Fetttropfen auffinden lassen. Die Farbe der Sputa ist sehr  
weiss, grau, roth, gelb, blau, grün, schwarz etc. Ein eigelbes Sputum findet  
tlich im Sommer ohne sonstige Erkrankung der Respirationsorgane. Bei Pneu-  
ird das Sputum in den späteren Stadien citronengelb, während es anfänglich  
it rothen Blutstreifen erscheint. Bei Pleuritis mit eitrigstinkendem Auswurf  
eich eine sehr grosse Menge von schön rothen Haematoidinkrystallen  
mbische Säulen) im Auswurf. In einem anderen Falle fand er ebenso massen-  
osinkrystalle in einem ausgehusteten fibrinösen Bronchialgerinnsel. Die  
eine und schwarze Färbung der Sputa rührt meist von verändertem Blutfarbstoff  
mal von massenhafter Anhäufung von Pigmentzellen.

Fig. 134.



Formbestandtheile des Auswurfs.

- a. Schleim- und Eiterkörperchen;
- b. sogenannte Körnchenzellen; c mit  
schwarzem Pigment (Alveolenepithe-  
thelium); d. Blutzellen; e. Flüm-  
merzelle nach Verlust der Wimperhaare  
und eine derartige Zelle mit Cilien;
- f. kugelige Wimperzelle bei Katarrh  
der Luftwege; g. Flimmersellen,  
welche Eiterkörperchen in ihrem In-  
nern besitzen; h. Lungenfasern.



## Vierzehntes Kapitel.

### Die Athmung.

#### Die Chemie des Gaswechsels.

##### Theorie der Athmung.

Die Grundlage der heutigen Anschauung über den Athmungsprocess schon bei der Betrachtung der Verschiedenheiten des arteriellen Blutes besprochen (S. 356); wir erinnern uns, dass ein Theil der Blute nach den Gesetzen der Gasdiffusion folgt, also nur mechanisch gemischt ist, während ein anderer Theil durch chemische Kräfte im Blut gebunden wird. Der Stickstoff im Blute ist nur absorbirt, ebenso ein Theil der Kohlensäure. Diese Gase folgen dem DALTON'schen Gesetze. Der im Blut gebundene Kohlensäureantheil kann an der Luft abgeben, sowie das Blut in die Lunge tritt, wo für gewöhnlich ein sehr geringer Kohlensäuredruck besteht, in der Lunge tritt. Ist aber der Kohlensäuredruck in der Atmosphäre höher, so kann an Stelle der Abgabe von Kohlensäure eine Aufnahme derselben in das Blut treten.

Die Sauerstoffaufnahme dagegen bleibt sich unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen in ziemlich weiten Grenzen annähernd gleich, sei es in reinem Sauerstoff oder in sauerstoffärmerer Luft als der Atmosphäre. Der Grund dafür ist in der Anwesenheit der haemoglobinigen Blutkörperchen im Blute zu suchen, die den Sauerstoff in sich aufnehmen, wie unten noch näher erörtert werden soll, während die Kohlensäure eine andere eigenthümliche Wirkung, sich bei der Ausscheidung der Kohlensäure, zu betheiligen. Setzt man zu Blutserum sauerstoffhaltiges Blut, so verliert das Serum einen grossen Theil seiner Kohlensäure. SCHÖFFER, dem wir diese Beobachtung verdanken, hat die Bildung einer Säure in den Blutkörperchen als Erklärung dafür.

Die Abgabe des Wasserdampfes in den Athmungsorganen folgt wieder dem Verdunstungsgesetze: die ausgeathmete Luft ist mit Wasserdampf gesättigt; ziemlich genau auf die Körpertemperatur erwärmt, es findet also eine Wärmeabgabe bei der Athmung statt.

MAGNUS u. A. hatten angenommen, dass der Sauerstoff im Blute Oxydationen vornehme, dass das arterielle Blut als ein Sauerstoffström

Lehrströme, um, in den Geweben angelangt, die dort befindlichen Stoffe zu oxidiren und dafür die gasförmigen Produkte der Gewebsoxydation, Kohlendioxid und Wasser, in sich aufnehmen. Die neuere Physiologie glaubt, dass das Blut der Sauerstoff nicht unwirksam ist, dass dort ebenso Verbrennungsvorgänge vor sich gehen wie in den Geweben, und zwar nach Massgabe der Zellenthätigkeit, die auch in ihm stattfindet. Doch kann diese Oxydation im Blute, wie die ziemlich gleichbleibenden Zusammensetzung des arteriellen Blutes herleitet, immerhin keine bedeutende sein.

In den Geweben gehen nach Massgabe ihrer Thätigkeit die organischen Verbindungen vor sich, welche Kohlensäure in das Blut der Kapillaren einströmen lassen. Offenbar geht Sauerstoff aus dem Blute in die Gewebe selbst über, die einen beträchtlichen Vorrath davon in sich aufspeichern können, von dem sie noch Gebrauch machen, auch wenn sie kein sauerstoffhaltiges Blut mehr umspült. Wir werden bei der Besprechung der Muskelthätigkeit und des Nervenlebens auf die Angaben von GEORG V. LIEBIG u. A. zu sprechen kommen, welche beweisen, dass der Froschmuskel noch Kohlensäure bildet, wenn auch kein Sauerstoff mehr in Berührung kommt. PETTENKOFER und VOIT haben eine Sauerstoffvermehrung im Körper besonders während der Nachtruhe direkt beobachtet. Es stellt sich also die Theorie der Athmung in Berücksichtigung der Eigenschaften der Athemstoffe nun folgendermassen:

In die Lungenluft während der Athmung abgegebenen Gase werden nicht in der Lunge gebildet, sondern finden sich schon im Blute vor, aus dem sie in die Lungenluft abgegeben werden.

Kohlensäure entsteht durch organische Verbrennung kohlenstoffhaltiger Körperbestandtheile und zwar zum kleinsten Theil im Blute selbst, zum grössten Theil in den Geweben, aus denen sie in das Blut übertritt. Das Wassergas, welches in der Lungenluft sich befindet, stammt zum kleineren Theil aus Verbrennungsvorgängen im wasserstoffhaltigen Blut- und Gewebestoffe, zum grössten Theile aus der Nahrung, die in die Säftemasse des Körpers gelangt, an der Lunge ausgeschieden wird.

Kohlensäure findet sich im Blute in verschiedener Weise vor: einfach gelöst, durch osmotische Uebersättigung auspumpbar, oder nur durch Säuren und Blutkörperchen fest, fester gebunden.

Die Portionen der Kohlensäure des Blutes werden in der Lunge ausgeathmet: die fester gebundene Portion sehen wir durch die Mitwirkung der Blutkörperchen und des Sauerstoffs, vielleicht auch einer im Lungengewebe oder aus dem Blutkörperchen (SCHÖFFER) sich bildenden und dem Blute sich beimischenden Substanz ausgetrieben. Die weitere Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blute erfolgt nach den Gesetzen der Gasdiffusion.

Wasserabgabe geht nach den Gesetzen der Verdunstung vor sich.

Aufnahme des Sauerstoffs in das Blutserum erfolgt nach den Gesetzen der Diffusion. Das Gesamtblut nimmt dagegen weit mehr Sauerstoff auf, als es diffundirt enthalten kann: Der Sauerstoff wird im Blute durch Blutkörperchen gebunden und wahrscheinlich ozonisiert.

Die Gewebe entziehen dem Blute den Sauerstoff und häufen ihn theilweise an, sodass sie einen inneren Sauerstoffvorrath enthalten, den sie bei ihren



Oxydationen verwenden, sodass die momentane Sauerstoffaufnahme und Säureabgabe in der Athmung sich nicht entsprechen müssen. Am meisten mehr Sauerstoff in der Kohlensäure abgegeben als direkt aufgenommen wurde, bei Nacht ist das Verhältniss meist umgekehrt (PETTENKOPF u. a.).

Der Stickstoffgehalt der Atmosphäre wird nur seinem Druck entsprechend in die Blut- und Gewebsflüssigkeiten aufgenommen. In der Athmung kein der Gewebszersetzung entstammender Stickstoff ausgeschieden. In der Zersetzung stickstoffhaltigen Körperstoffen entstammende Stickstoff geht in Verbindung mit Kohlestoff, Wasserstoff und Sauerstoff als Harnstoff, Kreatinin etc. etc. im Harn weg (VOIT, J. RANKE, HENNING) (siehe auch unten).

### Historische Bemerkungen.

Es hat unter den physiologischen Vorgängen im menschlichen Organismus das Augenmerk der Denker auf sich gezogen als der Vorgang des Athmens. Von Anfang an über diesen Vorgang zu philosophiren, beweisen die Benennungen *πνεῦμα* und *Anima*: schon in der ersten Bildungsperiode der Sprachen hatte man das ein- und ausströmenden Hauches als die eigentliche Quelle des Lebens erkannt.

Eine spätere philosophische Zeit musste durch den beständigen Wechselverkehr des Organismus mit der Atmosphäre, die ihr der Sitz der höchsten Kräfte war, aufgefordert werden, dass dieser Vorgang das Verbindungsglied sei der unteren mit der oberen Welt, und da man beobachtete, dass alle höheren Entwicklungen der psychischen Eigenschaften bei athmenden Wesen in Erscheinung treten, so ist es nicht sehr verwunderlich, dass die Lehre der Pythagoräer nicht nur das Lebensprincip als solches in dem Athmen, sondern von dem aus es sich den athmenden Thieren in beständiger Erneuerung mittheilt, auch diesem Aether eine erkennende Kraft gleich der der Seele selbst zuschrieb.

PLATO (*Tim.*) ahnte in etwas den wahren Vorgang der Respiration und seine Bedeutung, indem er undeutlichen Aussprüche mahnen den Leser an Anschauungen unserer Tage.

Doch müssen wir es auch in dieser Frage, wie in jeder, die sich auf exakte Naturforschung bezieht, dem Altmeister der Forschung im Gebiete der Natur: ARISTOTELES danken, dass er es war, der die richtigen Anschauungen, soweit es seiner Zeit möglich war, in strenger Form dargestellt hat. Er lehrt, dass allein durch das Athmen der belebten Wesen bestehe. Beim Athmen dringe der Lufthauch (*τὸ πνεῦμα*) durch die Lungen in das Herz, zu welchem Zwecke er besondere Kanäle annehme, und von dort aus in den ganzen Körper. Auf einem ganz anderen Weg als jetzt, hat ihn unsere neue Wissenschaft fundirt in dem Athmeprocess den Quell der Lebenskraft.

Der Weg, der ihn leitete, war der der vergleichenden Anatomie. Er hat in seinen Büchern über die Arten der Thiere, dass die Lebenswärme der Thiere um so höher sei, je vollkommener die Lungen gebildet seien, und zieht daraus den Schluss, dass das Vorhandensein der Lunge, des Respiationsorganes, die Lebenswärme bedinge.

Nachdem wir ARISTOTELES bis zu dieser Höhe der Anschauung gelangt sind, so wird wir in der folgenden Zeit bis zum Ende des Mittelalters einem eigentlich wesentlich in der Theorie des Athmens nicht mehr (siehe unten) zur Entwicklung der Ernährung.

GALEN und PLINIIUS, die Lehrer des Mittelalters, schliessen sich eng an ARISTOTELES an.

Ein weiterer Fortschritt in der Lehre von der Athmung knüpfte sich an die dankwürdige Entdeckung des Kreislaufes (1649), durch welche es nachgewiesen wurde, dass beständig ein Theil des Blutes durch die Lungen ströme, um von dort aus in die Arterien nach allen Theilen getrieben zu werden. Damit war der direkte Weg des Blutes mit der Luft erwiesen.

dennoch war zu jener Zeit noch nicht entwickelt genug, um eine andere als eine rein mechanische Anschauung von dem Vorgange der Athmung allgemein aufkommen zu lassen. Bekommt ein gewisses Lebensprincip aus der Atmosphäre mitgetheilt und leitet es dasselben allen Körpertheilen zu, die das räthselhafte Agens aus dem Blute an sich. Das Blut ersetzt den durch diese Abgabe eintretenden Verlust, indem es in den Lungen wiederum mit der Luft in Beziehung tritt.

Im August 1774 beginnt mit der Entdeckung des Sauerstoffes die neue Aera der Naturforschung; von diesem Tage der Entdeckung durch PRIESTLEY datirt ein neuer Umschwung der Ansichten über die Vorgänge der Natur.

Später fand LAVOISIER den Stickstoff und mit ihm die Zusammensetzung der Kohlensäure hatte schon über ein Jahrhundert vorher BAPTIST HELMONT auf, ebenso den Wasserstoff.

Die Theorie der Verbrennung ist es, auf welcher LAVOISIER sein neues System der Chemie gründet und auf diese Weise aus einer Sammlung von Recepten eine Wissenschaft erschuf.

4 Jahre vor der Entdeckung des Sauerstoffes hatte PRIESTLEY die Ausscheidung der Harnsäure durch den Organismus im Athmungsprocesse gefunden, die Wasserausscheidung seit den ältesten Zeiten aufgefallen. Es war natürlich, diese beiden Vorgänge, Harnsäure und Wasserbildung, die sich in derselben Weise bei der Verbrennung aller Körper finden, auch bei der Athmung auf eine Oxydation zurückzuführen.

LAVOISIER'S chemische Theorie, die mit der von LAPLACE und PROUT übereinstimmt, lehrt, dass in den Lungenzellen fortwährend eine Flüssigkeit absondere, die vorzüglich aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht. Diese vereinigt sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser und wird in dieser neuen Stoffanordnung beim Athmen entfernt.

Die Oxydation wird nach dieser Ansicht in die Lungen ausserhalb des Blutes. Die Thatsache, dass die Lungen im Allgemeinen keineswegs wärmer sind als die übrige Oberfläche des Körpers, schien schon a priori gegen eine solche Annahme zu sprechen, da die genannte hypothetische Flüssigkeit in den Lungen nicht aufgefunden werden konnte.

DAVY liess mit Umgehung dieser Flüssigkeit durch die Wände der Lungenzellen in die Kapillargefässe eindringen. Die nun im Blute aufgelöste Luft wirkt wegen der Sauerstoffhaltigkeit des Sauerstoffes zu den Blutkörperchen auf diese zersetzend ein, und es wird Sauerstoff frei. Ersetzte auch den Wärme- und Kohlensäurebildungsprocess in das Blut der Lungen und konnte dafür die Untersuchungen F. DAVY'S anführen, der das arterielle Blut wärmer gefunden zu haben glaubte als das venöse.

Die Theorien schliessen sich die Theorien von MITSCHERLICH, GMELIN und TIEDEMANN an. Sie sehen von der Existenz der Essigsäure oder Milchsäure im freien oder gebundenen Zustande in den meisten Sekreten und im Blute aus, von der sie glaubten, dass sie durch die Wirkung des Sauerstoffes bei der Athmung aus höher zusammengesetzten Stoffen entstehen.

Sie hatten ausgemittelt, dass das venöse Blut mehr an Alkali gebundene Kohlensäure enthalte als das arterielle, und behaupteten nun, dass die bei dem Athmen gebildete Kohlensäure das kohlensaure Alkali des venösen Blutes zersetze, worauf die Kohlensäure abgeathmet würde. Doch gehen sie nicht so weit, die Bildung von Kohlensäure und Wasser durch direkte Oxydation ganz zu leugnen.

Erst kommt von dem kritischen Geist MAGENDIE'S, dass er sich für keine Athemtheorie festsetzt. Er lässt es dahin gestellt, ob der Sauerstoff dazu diene, in den Lungen einen Theil des Kohlenstoffes des Blutes zu oxydiren, oder ob er in das Blut übergehe und so fortwährend während des grossen Kreislaufes seine oxydirenden Wirkungen entfalte. Ja es kam noch nicht einmal ausgemacht, dass die Wirkung des Sauerstoffes in einer Oxydation bestehe, und dass die Kohlensäureausscheidung diesem Vorgang ihre Entstehung verdanke. Doch neigte er sich dieser Annahme desswegen zu, weil er nach F. DAVY an die Temperatur des arteriellen Blutes glaubte. Gegen die Annahme LAVOISIER'S, dass die Kohlensäureausscheidung durch die Lungen zu einem nicht unbeträchtlichen Theile einer Verbrennung des Wasserstoffes ihre Entstehung verdanke, spricht er sich verneinend aus, da er



einen genügenden Erklärungsgrund dafür in der Wasserabdestillation aus der Luft, die er durch direkte Versuche erwiesen.

MAGENDIE bildet den Uebergang zu einer im Gegensatz zu den rein chemischen sogenannten physikalischen Theorie, als deren Hauptvertreter MAGENDIE den muss.

Das Augenmerk einer Anzahl bedeutender Forscher in dem Gebiete der Physiologie schon seit Beginn der neuen Anschauungen über den Process der Athmung gewesen, zu entscheiden, ob das Blut nicht vielleicht die Gase, die es in den Lungen schon vor seinem Eintritt in letzteres Organ besässe,

VOGEL, BRAND, COLLARD DE MARTIGNY haben nachgewiesen, dass das venöse Blut Kohlensäure enthalte, H. DAVY, dass sich aus dem arteriellen Blut Sauerstoff ablassen lasse. HOFFMANN, BISCHOFF, BERTUCH bestätigten den Kohlensäuregehalt des venösen Blutes, widersprechende Versuche ihn wieder zweifelhaft gemacht hatten. Doch sind endlich die Arbeiten von MAGNUS über den Luftgehalt beider Blutarten, welche eine endliche Entscheidung brachten. Er wies nach, dass aus dem venösen Blut Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff erhalten werden könne, und dass diese drei Gasarten in ihrem Luftgehalt qualitativ nicht differirten. Die entscheidende Beobachtung jedoch die, dass nach seinen Experimenten im venösen Blut der Sauerstoff fast 1/2 so viel, die gefundene Kohlensäure beträgt, in dem arteriellen Blute hingegen fast 1/2 so viel. Diese Beobachtung baute er seine mechanische Respirationstheorie auf. Nach ihm wird in den Lungen keine Kohlensäure aus als solche, die schon fertig mit dem Venenblut zugeführt wurde. Der Sauerstoff löst sich in dem Blute auf, ohne sogleich darin eine chemische Verbindung zu spielen. Der Respirationprocess in den Lungen ist danach ein physikalischer Austausch nach den Gesetzen der Diffusion. Die Oxydationsvorgänge finden erst in den Gefässsystemen des grossen Kreislaufes statt, wo das sauerstoffreiche arterielle Blut mit den verbrennlichen Stoffen der Gewebsflüssigkeiten zusammentrifft. Unsere Zeit strebt nach einer Vereinigung der chemischen und mechanischen Respirationstheorien.

### Quantitative Verhältnisse der Kohlensäureabgabe.

Im normalen Respirationprocess wird der eingeathmete Luft Sauerstoff entzogen, dafür aber Kohlensäure zugeführt. VIERORDT fand, dass die Kohlensäuremenge in der ausgeathmeten Luft, im Mittel etwas über 4% beträgt. Der Sauerstoffgehalt derselben schwankt nach ihm bei ruhigem Athmen zwischen 15,5 pCL, während die atmosphärische Luft nur etwa 0,0004 V. pCL Sauerstoff enthält. In 24 Stunden scheidet ein Erwachsener etwas mehr als 1 Liter Kohlensäure aus. Die Menge schwankt nach Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand. Die Veränderung der Luftzusammensetzung durch die Athmung wird durch folgende Vergleichung anschaulich (VIERORDT), welcher Durchschnitte bei einer Volumverminderung der Luft von 10% zu Grunde liegen:

	Einathmungsluft:	Ausathmungsluft:
Stickgas . . . . .	79,2	79,2
Sauerstoff . . . . .	20,8	15,4
Kohlensäure . . . . .	—	4,8

Die in den Lungen selbst enthaltene Luft ist mit der ausgeathmeten nicht identisch, sie ist in verschiedenen Schichten verschieden zusammengesetzt. An den Lungenbläschenwänden ist sie nach den Gesetzen der Diffusion mit Kohlensäure als in den weiter von den Kapillaren, der Quelle der Kohlensäure abgelegenen Lungenräumen. Durch Zurückhalten der inspirirten Luft in der Lunge so lange, bis sich der Druck zwischen der Kohlensäure des Blutes

in Lungenluft ausgeglichen hat, kann man die Zusammensetzung der Alveolenluft damit auch die Kohlensäurespannung im Blute experimentell finden, wenn man expirirte Luft der chemischen Analyse unterwirft. **LUDWIG** und **BECHER** fanden nämlich bedeutende Schwankungen der Luftzusammensetzung unter den verschiedenen Versuchsbedingungen. Der procentische Gehalt an Kohlensäure stieg 5% nach der Aufnahme von Nahrung, nüchtern fanden sich nur 3,9%. Die Kohlensäureabgabe des Blutes in den Lungenkapillaren steigt und sinkt in den Schwankungen in dem Kohlensäuredruck (Kohlensäuregehalt) der Lungenluft, so wird in der Zeiteinheit um so mehr Gas abgegeben, je grösser die Differenz in der Kohlensäurespannung zwischen dem Blute und der Lungenluft ist. Eine der Ursachen, durch welche die Kohlensäurespannung in der Lungenluft schwankt, ist die geringere oder stärkere Ventilation der Lungen. Sie steigt mit der Zahl und vor allem der Tiefe der Athemzüge. Flache und oberflächliche Athemzüge, welche nicht tief, sondern nur oberflächlich ventiliren, vermindern die absolute Menge der abgegebenen Kohlensäure. **VIERORDT** und in letzter Zeit unter der Leitung von **G. VOIT** haben die Abhängigkeit der Kohlensäureabgabe von diesem physikalischen Momente nachgewiesen. Je mehr Luft

in einem Athemzuge eingeathmet wird, je tiefer also die Ventilation der Lunge grösser ist, die absolute Menge der austretenden Kohlensäure. Procentisch sinkt der Kohlensäuregehalt der Athemluft dagegen mit dem grösseren Luftwechsel. Dadurch kann eine absolute Steigerung der Kohlensäureabgabe erzielt werden, dass man den an sich schon sehr geringen Kohlensäuredruck der Lungenluft erniedrigt, wie es z. B. der Fall ist, wenn wir in verdünnter Luft athmen.

Wenn die Kohlensäureabgabe immer geringer, ja selbst ganz unterbleibt, endlich in eine Kohlensäureaufnahme verwandelt, wenn der Kohlensäuredruck der eingeathmeten Luft steigt und zuletzt den des Blutes übertrifft, so zeigt, dass dann Vergiftungserscheinungen durch Kohlensäure auftreten. Wenn ein Thier (Kaninchen) ein Volum Kohlensäure aufgenommen hat, die Hälfte seines Körpervolumens beträgt.

Experimente **LUDWIG'S** mit **BECHER** und **HOLMGREN** haben trotz der bisherigen Resultate auch auf eine aktive Austreibung der Kohlensäure aus dem Gewebe hingewiesen. Der Kohlensäuredruck in der Alveolenluft ist nämlich so bedeutend, dass das venöse Blut kaum Kohlensäure an dasselbe abgeben könnte, wenn diese Abgabe auf den Gehalt des Blutes an auspumpbarer Kohlensäure beschränkt bliebe. Man müsste annehmen, dass in dem Lungenkapillargebiet die Kohlensäurespannung momentan gesteigert wird, sodass sie die Spannung der Alveolenluft übertrifft, welche letztere dann Kohlensäure nach der Diffusion aufnehmen kann. Mit **SCHÖFFER** und **SCZELKOW** hat **LUDWIG** hat gezeigt, dass das Blut nach dem Durchtritt durch die Lungen nicht nur auspumpbarer, sondern auch an festgebundener Kohlensäure ärmer ist als vorher, sodass daraus bewiesen ist, dass auch fester gebundene Kohlensäure aus dem Gewebe entweicht. Man hat bei diesem Austreibungs Vorgang an die oben erwähnte Kohlensäurebildung im Gewebe der Lunge gedacht. Nach den Untersuchungen von **LUDWIG** und seiner Schüler scheint es aber festzustehen, dass die Blutkörperchen in der Mitwirkung des Sauerstoffs sich an der Kohlensäureaustreibung in keiner Weise betheiligen. Sie machen die Kohlensäure aus ihren festeren



Verbindungen frei, sodass die Kohlensäureabgabe des Blutes zum Theil abhängig erscheint von der gleichzeitigen Sauerstoffaufnahme. Ob die bende Wirkung dem Oxyhaemoglobin selbst (Pavya) oder den aus der desselben oder der Blutkörperchen entstehenden Säuren oder andern zuzuschreiben ist, steht noch nicht fest. Dass Blut an einen mit Sauerstoff Raum mehr Kohlensäure abgibt als an das Vacuum, hat Ludwig mit Hülfe

So vereinigen sich die Beobachtungsergebnisse, welche einerseits (Vierordt), dass die Kohlensäureabgabe den einfachen Gesetzen der Diffusion der Gase gehorcht, andererseits (Ludwig) eine aktive Abgabe der Kohlensäure in den Lungenkapillaren fordern. Zwischen dem in veränderten Blute der Lungenkapillaren und der Lungen- resp. Alveolen ruht der Vorgang der Kohlensäureabgabe nur auf den Gesetzen der Diffusion.

Je rascher der Blutumlauf ist, je öfter also einem und demselben Blutkörperchen Gelegenheit gegeben ist, Sauerstoff in den Lungen auf und abzugeben, desto stärker wird auch die organische Verbrennung im Organismus, wozu der mit der gesteigerten Blutgeschwindigkeit ebenfalls gesteigerte Säftestrom von Zelle zu Zelle, die gesteigerte Aktion der Herz- und Muskulatur etc. das Ihrige beitragen. Durch die vermehrte Zahl der Athmen wir die Zahl der Herzkontraktionen und damit auch die Umlaufgeschwindigkeit des Blutes, wenn die einzelnen Herzkontraktionen an Stärke gleich bleiben, beschleunigen oder im umgekehrten Falle vermindern. Somit wird sich auch mit dem Resultate der gesteigerten, ausgiebigeren oder verminderten Ventilation auch das Resultat der gesteigerten oder verringerten Oxydation. Dieselbe Steigerung oder Verminderung werden alle Bedingungen an sich, wir von Einfluss auf die Oxydationen im Organismus sehen. Bei Bewegung, welche auch den Blutkreislauf beschleunigt, sehen wir mehr Sauerstoff aus dem Blute austreten als bei Ruhe. Die täglichen Schwankungen in der Intensität der Stoffwechselvorgänge, welche eine Erhöhung derselben um 10% ohne dass Nahrung genommen wurde, zeigen, machen sich auch eine Vermehrung der Kohlensäureabgabe geltend. Auch vom Athmen im erhöhten Druck wird dasselbe behauptet. Die Erniedrigung der Lufttemperatur unter Normale soll ebenfalls die Kohlensäureausscheidung erhöhen, mit der Erhöhung der Lufttemperatur soll sie abnehmen.

Das wichtigste Moment für die quantitativen Verhältnisse der Athmung ist die jeweilige Blut- und Körperzusammensetzung. Aus den Gesetzen lassen sich im Grossen die Verhältnisse der Respiration ableiten. Je reicher der Organismus und dadurch das Blut an kohlenstoffhaltigen Stoffen theilen ist, desto grösser ist die in gleichen Zeiten abgeschiedene Kohlenstoffmenge. Nahrungsaufnahme besonders kohlenstoffreicher Substanzen bewirkt eine vorübergehende Kohlensäureabgabe. Massenzunahme der Körperorgane erhöht sie dauernd. Doch steht das Körpergewicht zu der ausgeschiedenen Kohlenstoffmenge in keinem direkten Verhältnisse. Veränderte Ernährung des Gesamtkörpers sind es vor allem, welche als letzte Ursache Veränderungen der Kohlensäureausscheidung unter sehr mannichfachen Verhältnissen bedingen. Lebensalter, Geschlecht, Tages- und Jahreszeit, Beschäftigungsweise, Gewohnheiten, Temperamente etc. sind unverkennbar. Mehrzahl der Fälle mit bestimmten Ernährungszuständen des Kör-

Wir verstehen dann, warum sich die Kohlensäureabgabe bei ihnen er Weise verschieden verhalten müsse.

Ich habe aus den Beobachtungen von ANDRAL, GAVARRET, SCHARLING, VALENTIN und eine Reihe zusammengestellt, welche, freilich ohne Berücksichtigung der Nahrung deren Einflüsse, eine Abhängigkeit der stündlichen Kohlensäureausscheidung zeigt. Die Tabelle lehrt, dass bei dem Manne mit zunehmender Körperentw. auch die stündlich ausgegebene Menge von Kohlensäure zunimmt, mit der Abn. der Körperkräfte im höheren Alter sinkt auch die betreffende Abgabe wieder. Das, aber weniger deutlich, ergiebt sich auch aus den Beobachtungen der genannten Frauen. Obwohl sich gegen die Gewinnungsmethoden der Resultate viel einzuwenden scheint, so doch, um ein Bild über die in der Zeiteinheit ausgegebenen Mengen zu geben, brauchbar. Sie sind im Allgemeinen eher zu gross als zu klein, da die Concentrirung seiner Aufmerksamkeit auf die Respiration, wie sie mit den betreffenden selbstverständlich verbunden ist, und ebenso aus anderen Versuchs-Gründen stets eher mehr als weniger als sonst athmet. In der Tabelle, die sich nur auf Geschlecht bezieht, ist die Kohlensäure auf Kohlenstoff berechnet.

Alter:	ausgeathmeter C: in Gramm pr. 4 hor.	Beobachter:
— 14 Jahre . . . . .	7,2	ANDRAL, GAVARRET
„ „ . . . . .	6,4	SCHARLING
— 25 „ . . . . .	10,7	ANDRAL, GAVARRET
„ „ . . . . .	10,8	SCHARLING
— 50 „ . . . . .	11,0	ANDRAL, GAVARRET
„ „ . . . . .	11,4	SCHARLING
„ „ . . . . .	10,7	VALENTIN
„ „ . . . . .	8,0	VIERORDT
— 60 „ . . . . .	11,0	ANDRAL, GAVARRET
— 70 „ . . . . .	10,2	„
— 80 „ . . . . .	6,0	„
— 102 „ . . . . .	7,3	„

Wenn man an mir selbst angestellten Beobachtungen ist die stündliche Kohlensäureausscheidung bei demselben Individuum sehr schwankend. Im Hunger wurden in einer Stunde von mir ausgeschieden 7,5 Gramm, bei normaler Nahrung, bei möglichst gesteigerter Nahrungsaufnahme 10,52. Ich befand mich zur Zeit gerade im 24. Lebensjahr. Sie zeigen, dass die in der Tabelle zusammengestellten Zahlen nach den verschiedenen Altern, wenn sie auch wirklich existiren, doch von denen je nach der Nahrungsaufnahme vollkommen verdeckt werden können\*). Der Körpergewicht des Versuchsindividuum war im Durchschnitt 72 Kilogramm.

Nahrungsverhältnisse:	in 24 Stunden	in 1 Stunde
	ausgeschiedene:	ausgeschiedener:
	CO <sub>2</sub> = C	C
unger . . . . .	662,9 = 180,8	7,5
„ . . . . .	663,5 — 180,9	
starkstofflose Nahrung . . . . .	735,2 = 200,5	8,5
gemischte Kost . . . . .	759,5 = 207,0	8,6
„ . . . . .	794,4 = 215,7	9,0
1 Pfund Fleisch . . . . .	847,5 = 234,4	9,6
möglichst grosse Nahrungsmenge . . . . .	925,6 = 252,4	10,5

haben erklären sich selbst.

Man merke, dass meine Resultate sich auf die Gesamthatmung (durch Lungen) beziehen. Doch ist die Gesamtmenge der durch die Haut abgegebenen Kohlenstoff, als dass sie auf die Resultate einen erkennbaren Einfluss ausüben könnte.



### Quantitative Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme und weitere Veränderungen bei der Athmung.

Der Organismus eines Erwachsenen bedarf in 24 Stunden etwa Sauerstoff. Obwohl die Sauerstoffaufnahme in den Lungen ein chemischer Vorgang ist, so sehen wir doch eine Reihe von andern Bedingungen auf ihn von Einfluss.

Vor allem sehen wir, dass der Procentgehalt der Luft an Sauerstoff unter ein bestimmtes Minimum sinken darf, ohne dass Athemnoth oder eintritt. Nach W. MÖLLER sterben Kaninchen rasch in einer Luft, 3 pCt. Sauerstoff enthält; bei 4,5 pCt. ist die Athmung schwer, 10 pCt. immer noch tiefer als normal; erst bei 14,8 pCt. sind die Bewegungen ganz regelmässig. Da bei dem Menschen der Sauerstoffgehalt der Athmungsluft zwischen 14 und 18 pCt. schwankt, so genügt dieser noch weiter zur normalen Erhaltung des Athmens. Durch Athmen im abgeschlossenen Luftraum wird schliesslich der Sauerstoff desselben verzehrt.

Dass die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Lungen von der Sauerstoffaufnahme ist, hat schon oben Erwähnung gefunden, nach der Zahl der in der Zeiteinheit die Lungenkapillaren passirenden Blutkörperchen wächst die Absorptionsfläche für Sauerstoff.

Das Volum des einzelnen Blutkörperchens von mittlerer Grösse. WELCKER, indem er aus Gyps nach den Verhältnissen der Blutkörperchen gefertigte Schema's benutzte, zu 0,000000 072217 Cb.-Mm. Da 1 Cb. 5 Millionen Blutkörperchen enthält, erreicht deren Gesamtvolum 0,3611 Cb.-Mm. für das Plasma bleibt 0,64 Cb.-Mm.

Nach WELCKER ist die Oberfläche des schüsselförmigen Blutkörperchens kleiner als der eines Cylinders von gleicher Höhe und Breite. Sie ergab sich bei Belegung des Modells mit Papier und Wägung des letzteren für ein Blutkörperchen zu 0,000128 □ Mm. Ein Kubikmillimeter Blut (3 Millionen Blutkörperchen) hat also beim Menschen eine Blutkörperchenoberfläche von 640 □ Mm. (Frosch 220 □ Mm.). Das Gesamtblut des Menschen zu 3400 K. genommen, giebt eine Blutkörperchenoberfläche von 2816 □ Meter, Quadratfläche von 80 Schritt Seitenlänge.

Werden in jeder Sekunde 176 Kcm. Blut in die Lungen getrieben, so durchläuft die Oberfläche der darin enthaltenen Blutkörperchen einer Q von 87 □ Meter = 13 Schritt Seitenlänge.

Zu diesen erstaunlichen Grössen kommt noch die Ausdehnung der Lungenoberfläche. HESCHKE berechnet die Zahl der Lungenbläschen auf 180 Millionen, deren Fläche zu etwa 2000 □ Fuss.

Durch die Einathmung werden die Lungenbläschen ausgedehnt. KRAUSE hat nur  $\frac{1}{200}$  -  $\frac{1}{100}$  " dicke Wand noch verdünnt, die Widerstände des Gasein- oder Austretens dadurch vermindert. Die gleichzeitige Verengung der Widerstände in den durch Dehnung verengerten und verlängerten Kapillaren im Gegentheile zu den eben Gesagten die Blutkörperchen länger in der Lunge zurückhalten, also auch reicher mit Sauerstoff sättigen. Wir sehen also, dass die Athemnoth wohl aus diesem Grunde vertiefte Athembewegungen. Dass

größere Menge von Blutkörperchen von Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme ist natürlich. Die Blutkörperchen können auch in ihrem Sauerstoffungsvermögen Schwankungen erleiden. Manche narkotische Stoffe: Morphin, Alkohol setzen die Absorptionsfähigkeit herab, vielleicht auch die Nahrung aufgenommene Stoffe: Fette, Zucker; Kohlenoxydgas vermindert die Absorptionsmöglichkeit vollkommen (HARLEY, BERNARD, HOPPE).

Die von Wasserdampf befreite ausgeathmete Luft, obwohl sie Stoffe abgegeben und dafür aufgenommen hat, zeigt ihr Volum im Allgemeinen nicht sehr verschieden von dem der eingeathmeten Luft. Es geht daraus hervor, dass die Volumina des aufgenommenen Sauerstoffs und der abgegebenen Kohlensäure nahezu gleich sein müssen. Da bei der Athmung der grösste Theil des Sauerstoffs zur Oxydation von Kohlenstoff verwendet wird, überrascht diese Beobachtung nicht. Wir müssen aber schon von vornherein voraussetzen, dass das in 24 Stunden ausgeathmete Luftvolum stets im Ganzen etwas kleiner ist als das eingeathmete, da ja der Sauerstoff auch noch neben der Kohlensäure zur Oxydation von Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor verwendet wird, deren Oxydationsprodukt theilweise nicht in der Athmung wieder erscheinen. Das Experiment ist wirklich eine solche Verminderung des Volumens ziemlich regelmässig erkennen lassen. Fasten ist dasselbe bei einer Nahrung mit Kohlehydraten, die für die Oxydation des Kohlenstoffs schon genügend Sauerstoff in ihrer Zusammensetzung enthalten: am stärksten bei Fleischkost und Hunger. Auf 100 aufgenommenen Sauerstoff scheidet der Mensch zwischen 88 und 98 Sauerstoff als Kohlensäure aus. Ueberhaupt geht die Kohlenstoffausscheidung und Sauerstoffaufnahme, wie schon oben erwähnt, nicht immer gleichmässig vor sich, wie man sich leicht aus den vielen verschiedenen Verbindungen, die der Kohlenstoff bis zur Bildung der endlichen Oxydationsprodukte eingeht, erklären kann. Die Quantität wird sich immer erst in grosseren Zeiträumen ergeben können. Merkwürdige Beobachtung, dass winterschlafende Thiere unter Umständen Sauerstoff in sich aufheben (VALENTIN), und dadurch schwerer werden können; dasselbe Zurückhalten auch im Schlafe nach PETTENKOFER und VOIR auch am Menschen.

Die ausgeathmete Luft hat stets ziemlich genau die Temperatur des Körpers, indem die Lunge ihre Wärme mit der des Blutes ausgeglichen hat. Nur wenn die Temperatur der eingeathmeten Luft sehr niedrig wird, ist diese Ausgleichung keine vollkommene. VALENTIN fand die Wärme der Lungenluft:

bei — 6,8° C.	... + 29,8° C.
„ + 19,5° C.	... + 37,25° C.
„ + 41,9° C.	... + 38,1° C.

Die Lungen meist kälter und trockener eingeathmete Luft wird dort mit Wasserdampf fast vollkommen gesättigt (VALENTIN). Bei sehr raschen Athemzügen tritt unvollständige Sättigung ein. Die Menge des ausgeschiedenen Wassers wird geringer, wenn die Zahl der Athemzüge steigt. Es ruht das sicher daher, dass die häufigeren Athemzüge weniger tief waren, so dass hier dasselbe Verhältniss stattfindet, wie bei der Harnabgabe, deren Ausscheidung auch wie angegeben durch häufigere, flachere Athemzüge procentlich vermindert wird (S. 470). Die Gesamtwassermenge, welche den Körper durch die Athmung (Haut- und Lungenathmung) während 24 Stunden verlässt, schwankt zwischen sehr weiten Grenzen. Sie beträgt beim Manne über 4000 und mehr.

Bei Nacht im Bett ist sie weit bedeutender als am Tage. Bei Arbeit ist sie um das Doppelte, ja Dreifache grösser als bei Ruhe.

### Die Hautathmung und Darmathmung.

Die Hautathmung, die Perspiration, liefert qualitativ dieselben Producte wie die Lungenathmung. Sie bewirkt die gleichen Luftveränderungen wie die Lungenathmung. Die



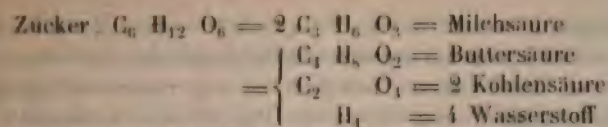
mit der Haut in Berührung befindliche Luft wird erwärmt, mit Wasser Kohlensäure beladen, und es wird ihr dafür Sauerstoff entzogen, und Volumen nach meist weniger als dafür Kohlensäure ausgegeben wird. Vor allem ist die Haut für den Organismus von grosser Wichtigkeit als Wärme- und Wasserabgabe. Letztere kann in 24 Stunden eine sehr Grösse erreichen. Nach SCHARLING schwankt die Kohlensäureabgabe (und des Darms) für eine Beobachtungsstunde zwischen 0,121 G. 0,373 Gramm. Auf 24 Stunden würde die Gesammtmenge der auf der entleerten Kohlensäure also zwischen 3—9 Gramm schwanken, w. durch die Lungen ausgeschiedene Menge das hundert- bis dreihundert betragen kann. Nach GERLACH steigert sich die Kohlensäureabgabe Haut mit der Muskelanstrengung und der steigenden Temperatur der Luft. Es sind dies die ersten Beobachtungen über physiologische S. dieser Abscheidung und darum von besonderer Wichtigkeit. Da auch Kohlensäure und Wasser nicht in erheblicher Menge ausgeschieden trifft der Gesammtverlust durch die Haut, der in 24 Stunden bis 800 Gramm steigen kann, vorzüglich auf die Wasserabgabe. Neben Harn und Hautausdünstung die unteren Grenzen als Vergleichswert, die Wasserabgabe durch Lungen, Haut und Nieren je etwa 500 G. auf allen drei Wegen etwa gleich gross. Doch sind die Schwankungers bei der Harnausscheidung, aber auch bei der Hautausdünstung. Die Lungenausdünstung bleibt (BERNARD) oft unter der angegebenen Gr.

Die Organe der Hautathmung sind zweifelsohne die Schw. ihrem reichen Kapillarnetze, zu dem die Luft den Zutritt verhältniss finden kann. Die mit Epidermis bedeckte Haut theiligt sich gew. wenig, wenn überhaupt, an dem Gasverkehre.

Der Darmathmung hat man bisher weniger Werth beigeleg. mengen, welche durch den Darm gewechselt werden, sind nur sehr. wird im Darm wie in der Lunge Sauerstoff aus der verschluckten L. und sie, beladen mit Kohlensäure, Wasserdampf und Wärme, wieder.

Ausser der Darmathmung existirt noch eine zweite Quelle für B. bildung im Darne: die Gährung, Milchsäure- und Buttersäure Darminhaltes, die vor allem durch den Darmschleim eingeleitet wird. Kohlensäure findet sich in den Darmgasen nach PLANER auch Wasser ebenfalls dieser Gährung entstammt.

Die Gasentwicklung im Dünndarme ist am bedeutendsten nach vegetabilischer, starke- und zuckerhaltiger Nahrung, namentlich. fruchten. Bei dieser Nahrung ist auch die entstehende Menge des V. am grössten, der bei Fleischnahrung vollkommen fehlen kann. Nach gaben schon war etwas Wasserstoff in der Athemluft gefunden worden. KOEGER und VOIT zeigten, dass das Vorkommen von Wasserstoff in der Gesammtathmung unter denselben Nahrungsbedingungen eintreten, ihn PLANER in den Darmgasen gefunden hatte. Der Wasserstoff in der respirationsluft] entstammt also wohl den Gährungsvorgängen im D. auch noch einen freilich geringen Theil von Kohlensäure produciren. nach welchem der Zerfall des Zuckers in der Buttersäure- und M. rung eintritt, ist folgendes:



lagen findet sich kein Wasserstoffgas, so lange der Magensaft sauer ist, neutralisiren desselben, z. B. mit Magnesia usta, kann die Buttersäure auch dort eingeleitet, und dadurch Wasserstoff gebildet werden. Das stossen bei Verdauungsschwäche ist dadurch begründet.

Die in geringen Spuren in der Gesamtlathemluft gefundenen Kohlenstoffgase (Leuchtgas), und Ammoniak stammen wahrscheinlich aus der Hauptmasse nach vom Darne. Das Ammoniak rührt vielleicht von Zersetzungen in kranken Zähnen, Speiseresten etc. in der Mundhöhle her. Beträgt nach den Bestimmungen von C. Voit und Lossen in der in 24 durch die Lungen abgegebenen Luft nur 0,0404 Gramm. Das Blut fand sich ammoniakfrei.

Die letztgenannten Gase: Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Ammoniak entstehen in ihrem Entstehungsorte und in der normalen Atmosphäre entweder in einem oder unter einem verschwindend kleinen Drucke, da sie dort nur in minimalen Spuren oder gar nicht (Wasserstoff) vorkommen. Sie müssen also in sie im Darne oder sonst wo entstehen, sogleich in die Gewebsflüssigkeiten eindringen. So gelangen sie in die Athemluft, wohl ohne mit den Oxydationen im Organismus, denen die Athmung vor allem dient, Etwas zu thun haben.

### Gewebsathmung, innere Athmung.

Der Wechselverkehr des Blutes mit den Geweben, der in diesen den Stoffwechsel unterhält, ist dem Wechselverkehre des Blutes mit der atmosphärischen Luft entgegengesetzt.

Das arterielle, sauerstoffbeladene und verhältnissmässig kohlenensäurearme Blut tritt in die Kapillaren und tritt hier mit den Gewebssäften der Organe in Austausch, welcher sich sowohl auf die festen im Blute und den Organen gelösten Stoffe als auf die in beiden befindlichen Gase bezieht.

Kohlenensäureabgabe der Organe in das Blut ist der Hauptsache nach ein Diffusionsvorgang, doch spricht eine Reihe von Thatsachen dafür, dass sich in zweiter Linie vielleicht aktive Ausscheidungsvorgänge mit einmischen. Es scheinen an der Austreibung der Kohlensäure aus den Geweben die in den Geweben entstehenden Säuren sich mit betheiligen zu können. Ein Theil der Kohlensäure gelangt aus den Geweben in fester gebundenem Zustande in das Blut in Form salzartiger Verbindungen, da, wie wir oben sahen, das venöse Blut in diesen Verbindungen ist, als das arterielle. Sowie die Kohlensäure im Blute stärker wird als in den Geweben, so nehmen diese umgekehrt die Kohlensäure in sich auf, ebenso verhalten sich nach VALENTIN auch noch die ausseren Gewebe gegen gasförmige Kohlensäure.

Sauerstoffaufnahme der Organe ist dagegen ein chemischer Vorgang. Die Gewebe entziehen dem Haemoglobin den locker gebundenen Sauerstoff und ihn fester an ihre Bestandtheile, sodass er aus den Geweben nicht mehr



gasförmig gewonnen werden kann. Er speichert sich in ihnen in Vor-  
auf, die seine Verwendung zur organischen Oxydation dem Gewebe an-  
hängt.

Je nach der Stärke ihrer Thätigkeit ist der Sauerstoffverbrauch  
Kohlensäurebildung (Stoffwechsel) in den Organen sehr wechselnd. Bei  
steigerten Thätigkeit nimmt die Gewebsathmung sehr bedeutend zu,  
welches thätige Muskeln durchströmt, enthält nach LEWIS und SE-  
mehrere Procente weniger Sauerstoff und dagegen mehr Kohlensäure  
ruhender Muskeln. Trotzdem sieht man unter Umständen das Blut  
Venen thätiger Organe noch ziemlich hellroth abfliessen. BERNARD beob-  
achtete an den Speicheldrüsen, Nieren, Pankreas, auch am Muskel kommt es  
zur Erscheinung, wenn nämlich der Blutzufluss zu dem Organe in der  
Masse gesteigert ist als der Gasaustausch. Ueber die wahre Grösse der  
des letzteren können sonach nur Versuche eine Anschauung geben, die  
die absolute Grösse des Gesamtgasausstausches zwischen den Organe  
mengen bestimmt wird, welche in gleichen Zeiten bei Ruhe und Thätig-  
keit durchströmen. Das Nierenvenenblut ist hell karmoisinroth, das  
der anderen Venen meist blauroth. Dass in allen Organen und Geweben die  
Oxydation stattfindet, beweist schon, dass in allen das arterielle Blut sich  
umwandelt. Im venösen Blute scheint die organische Oxydation ein-  
zu sein oder wenigstens unter Umständen werden zu können als im Arterien-  
blute. A. SCHMIDT fand, dass im venösen und vor allem im Erstickungsblute  
oxydierbare, »reducirende« Stoffe finden, welche zugeführten Sauerstoff  
verzehren.

Früher nahm man allgemein einen sehr lebhaften Stoffwechsel  
Wärmebildung in den Lungen an. G. LIEBIG zeigte dagegen, dass die  
linke Herzen meist etwas niedriger temperirt ist als im rechten. Der  
Unterschied beträgt 0,04—0,1 ° C. Man pflegte dieses Resultat auf die  
Lungen stattfindende Abkühlung des Blutes zu beziehen. Nach den  
Versuchen von COLIN könnte sich auch das Gegentheil besonders bei grosser Thätig-  
keit zeigen. JACOBSON und LEONHARDT fanden auch bei Kaninchen bald im  
rechten, bald aber auch im linken Herzen wärmer. HEIMENHAUS und  
ANDERSEN fanden regelmässig eine höhere Temperatur im Blute und der Ventrikel  
des rechten Herzens. Sie finden die Ursache dafür in der Anlagerung  
des Ventrikels an das Zwerchfell und die darunter liegenden wärmeren  
Abdominalhöhlen, während der linke Ventrikel rings an die Lunge Wärme  
abgibt. Bei der Annahme einer aktiven Wärmeproduktion in der Lunge hängt  
zunächst an den Vorgang der Austreibung der fester gebundenen  
Kohlensäure zu denken, da Neutralisation von Wärmeproduktion begleitet ist. Ähn-  
lich dabei an die Bindung des Sauerstoffs an das Haemoglobin.

Ich habe an Fröschen eine Reihe von Versuchen angestellt, um die  
der inneren Athmung in den verschiedenen Körpergeweben und  
Organen zu bestimmen. Die Resultate behalten mit den nöthigen  
Einschränkungen auch für Säugethiere ihre Geltung. Es ergab sich, dass sich  
die Organe durchaus nicht in dem Verhältnisse ihres relativen  
Gewichts an der Kohlensäureproduktion des Organismus bethätigen, da  
spricht die innere Athmung ziemlich genau dem relativen Blut-  
zufluss der Organe. Der gesammte Bewegungsapparat männlicher Frösche: Mu-

chen, Haut beträgt im Mittel 89  $\frac{0}{100}$  des Gesamtkörpergewichts. Für Circulations- und Drüsenapparat bleiben sonach nur 11  $\frac{0}{100}$  des Körpergewichts. Der Bewegungsapparat betheiligte sich trotzdem bei Fröschen im Maximum mit 47  $\frac{0}{100}$ , mit 30  $\frac{0}{100}$  an der Kohlensäureproduktion, bei dem Bewegungsapparate, der überwiegende Hauptmasse die Muskeln ausmachen, sah ich entsprechend Abnahme an der Kohlensäureproduktion bis auf 33  $\frac{0}{100}$  sinken. Ganz analog Vertheilung des Blutes bei Fröschen im Bewegungs- und Drüsenapparate; ist sich dasselbe, abgesehen von der im Circulationsapparat befindlichen in den beiden Hauptorgansystemen auch etwa zu gleichen Theilen.

In diesen Versuchen wurde die Kohlensäureproduktion kräftiger Froschmannchen zu einer bestimmten Zeit gemessen, dann je ein Bein ohne Blutung amputirt, was diese Thiere ohne bemerkbare Reaction ertragen, und nun die Kohlensäureproduktion wieder dieselbe Zeit gemessen. Der Verlust an Kohlensäure war durch den Verlust des entsprechenden Theils des Bewegungsapparates veranlasst. Nach dem Versuch wurde der Frosch geschlachtet, seine Organe gewogen, und von der Betheiligung des abgeschnittenen Theils des Bewegungsapparates an der Kohlensäureproduktion, auf die Betheiligung des übrigen Bewegungsapparates gerechnet. Der Rest der beobachteten Kohlensäureproduktion fiel auf den Drüsen- und Circulationsapparat.

## Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung und das Allgemeinbefinden.

### Verminderter Luftdruck.

Die Luft ist durch den Grad ihrer Kompression, die sie entweder durch den verschiedenen Luftdruck bei verschiedenen Ortshöhen erfährt, oder die auf künstlichem Wege durch Apparatevorrichtungen vermehrt oder vermindert werden kann, nicht ohne Einfluss auf das Leben.

Der menschliche Körper ist so gut wie jeder andere dem Drucke der Atmosphäre ausgesetzt. Der Totaldruck, welcher von allen Seiten her gleichmässig vertheilt auf den Körper wirkt, schwankt zwischen etwa 30—40 tausend Pfund.

Die gewöhnlichen Barometerschwankungen reichen kaum aus, bemerkbare Wirkungen hervorzubringen. VIERORDT beobachtete bei einer Schwankung des Barometerstandes von 30,333" bei letzterem Stande eine geringfügige Vermehrung der Athemzüge und Pulse, von 11,6 zu 12,2, und von 11,6 zu 12,2 in der Minute. Bei stärkerer Verminderung des Luftdruckes auf einer bedeutenderen Höhe, die wir erstiegen haben, bemerken wir ein angenehmes Gefühl besonderen Wohlbehagens, welches durch eine ausgehigere Lungenventilation hervorgerufen scheint. Dabei bemerkt man, dass die eingetretenen Erscheinungen weit rascher verschwinden als in der Ebene, was vielleicht von einer zunehmenden Steigerung der Blutbewegungsgeschwindigkeit herrühren könnte. Der Blutstrom kann die ermüdenden Muskelzersetzungserzeugnisse aus den Muskeln auswaschen und entfernen. Gegen Alkoholenuss soll eine Immunität eintreten, dass sich diese vielleicht aus der durch den verminderten Luftdruck begünstigten Abdunstung des Alkohols aus dem Blute in den Lungen erklären lasse, wodurch der Alkoholgehalt des Blutes nicht zu erheblichen Höhen steigen kann. In den hohen Höhen der Andes soll der Alkohol fast ganz seine Wirkung versagen. — Man hat beobachtet, dass in stark verdünnter Luft die vitale Kapazität der Lungen sinkt, die Respirationfrequenz dagegen steigt. Der Puls wird beschleunigt, alle Gefässe erweitert. Die Schweißbildung nimmt zu, die Athemzüge werden tiefer, der Puls häufiger, die Menge sinkt. Der Umfang der Glieder nimmt zu. Die Muskeln ermüden nun im Vergleich zu dem oben Gesagten leichter, bei denen der unteren Gliedmassen hat das seinen Theil mit darin, dass der Luftdruck weniger als sonst dazu beiträgt, den Schen-



kelkopf in der Pfanne zu halten (?), eine Arbeit, die dann zum Theil den Zufall zufallen würde. Sehr gewöhnlich sind Ohrenschmerzen und Schwerhörigkeiten, die meist, bis das Gleichgewicht im Luftdruck zwischen Paukenhöhle und aussen gestellt ist, mehr oder weniger nach aussen gewölbt und gespannt wird, Bewegungen befördern die Luftleitung in der Eustachischen Röhre und beseitigen Ohrenschmerzen.

Sehr interessant sind die von R. von SCHLAGINTWEIT in den asiatischen Hochgebirgen beobachteten Beschwerden auf sehr bedeutenden Höhen, die in ähnlicher Weise in den Andes von Südamerika und bei Luftschifffahrten beobachtet wurden.

Diese Beschwerden werden in Hochasien als Bitsch, Biseh Ki Hottu, Kharab hase Luft bezeichnet. In den Andes werden sie Sorocho, Puna, Yeta, Marré genannt.

Jede Muskelbewegung in diesen hohen Regionen verursacht die grösste Anstrengung, doch setzt Gewöhnung die Erscheinungen sehr herab. Dagegen sind die Menschenrace von diesen Beschwerden ausgenommen; in den Anden findet man mehr als der Schwächliche. Die Bewohner dieser Gegend sollen sich durch die Weite des Thorax auszeichnen.

SCHLAGINTWEIT beobachtete dabei an sich selbst folgende Beschwerden: In der Nacht gesteigert, Schwierigkeit zu athmen bis zur Erstickungsangst, Appetitlosigkeit, Spannung, Niedergeschlagenheit, Stumpfsinn; ferner grosse Neigung zu Hämoptoe, Lunge und Nase, die aber spontan nicht aufzutreten scheinen. Wind vertragen schwerer ungemein. In den Andes sind die Beschwerden viel grösser als in Europa, treten schon bei geringerer Höhe auf. Während sie in Asien erst bei 16500' eintreten, beginnen sie sich in den Andes schon bei 11500' ein. Auch Maulthiere, die man sucht sie durch Aderlass (Öffnen eines Zungengefässes) zu erleichtern.

In noch bedeutenderen Höhen über 18000' tritt grosse Uebelkeit, spontane Nasenbluten, aus dem Zahnfleisch und Blutaustritt in die Bindehaut des Auges auf; gegen jede Anstrengung der grösste Widerwillen, bei Niedersitzen Erleichterung.

Als GLAISCHEN bei einer Luftfahrt eine Höhe von 32000' erreicht hatte, konnte er nicht mehr stehen, nur sofortiges Senken durch seinen Begleiter konnte ihn retten.

F. HORRE hat gezeigt, dass ein solches plotzliches Zusammensinken auch unter der Glocke einer Luftpumpe bei rascher Luftverdünnung stattfindet, welches durch Gasentwicklung aus dem Blute unter dem geringen Druck. Die Gasbläschen stopfen dann die Lungenkapillaren und Herzkapillaren in analoger Weise, der Lufteintritt in die Venen in der Nähe des Brustraumes erfolgt.

Fortgesetzte starke Arbeit auf hohen Bergen wird nicht gut ertragen. In den hohen Goldberge in der Rauris arbeiten die Bergleute mitten unter den Gletschern bei einer Höhe von 7500 Fuss über dem Meere. Als Regel gilt, dass bei einem Lebensalter von 40 und einer Dienstzeit von 20 Jahren die Rauriser Knappen, zu denen nur gesunde kräftige Männer genommen werden, nicht mehr fähig sind, den Berg hinauf zu gehen, Athmungsbeschwerden, Kräfteerlahmung, namentlich in den Füssen, machen den Dienst unmöglich. Es wird das daraus erklärlich (LIERIG), dass mit der Abnahme des Luftdrucks zu der täglichen Arbeitsleistung durch die Glieder eine dauernde Arbeit für die Athemmuskeln für die Athmung und des Herzens für den Blutkreislauf zukommt, welche den Körper früher aufreißt, obwohl diese Bergleute auch und zwar vor allem Albuminate (Fleisch und Bohnen) zu sich nehmen als die Leute jener Gegenden, die in geringerer Höhe beschäftigt sind.

#### Gesteigerter Luftdruck.

In den Taucherglocken, bei Brückenbauten nach der pneumatischen Methode, in den künstlichen Apparaten zum Aufenthalt des Menschen in verdichteter Luft, wie zum Beispiel auf dem Johannsberg im Rheingau, in Rosenheim etc. aufgestellt sind, bei der

unter Zeit Gelegenheit genommen, die Wirkung des gesteigerten Luftdruckes zu erproben.

Stokes hat Beobachtungen veröffentlicht, welche er beim Legen des Fundamentes der Londonderry-Brücke gewonnen. Diese Brücke ruht auf 6 eisernen Hohlzylindern, die zu 40 Fuss unter das Flossbett gesenkt sind. Zunächst wurden die später mit Cement zu füllenden Hohlzylinder eingesenkt und das Wasser aus ihnen durch Saugwerk herausgepresst. In dem so hergestellten wasserfreien Räume mussten die Arbeiter unter sehr erheblich gesteigertem Luftdrucke arbeiten bei 27—43 Pfund Luft pro den Quadratzoll.

Die Arbeiter verspürten zuerst einen Schmerz in den Ohren, der bald vorüber ging; dann Schmerz, abnorme Schärfe des Gehörs, Schmerzen in den Gliedern, zuweilen Schwindel und ein Gefühl von Schwere und Unbehagen. Diese Beschwerden waren am heftigsten, wenn der Uebergang aus einem Luftdruck in den andern zu schnell stattfand. Am häufigsten traten sie auf, wenn die Arbeiter aus dem Cylinder an die atmosphärische Luft traten. Hier entstanden in einzelnen Fällen plötzliche, tödtlich verlaufende Lähmung (Lähmung der Capillaren?). Die Erscheinungen besserten sich unter dem hohen Luftdrucke, sodass sich Einzelne nur in den Cylindern wohl befanden. Manche behaupteten, es sei es besonders leicht darin zu arbeiten.

Stokes suchte bei einem Brückenbau in Königsberg den Grund für die in comprimierter Luft auftretenden Ohrschmerzen zu ermitteln. Der Sitz der Schmerzen ist im Trommelfell. Durch den verstärkten Luftdruck nach innen gewölbt und gespannt, wobei es sich entzündet. Um eine Ausgleichung des Luftdruckes auf beiden Seiten des Trommelfells zu bewerkstelligen, dienen Schlingbewegungen, durch welche die Tuba Eustachii geöffnet wird. Athmungsversuche bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase (Valsalva'scher Versuch) pressen ebenfalls Luft in die Trommelföhle ein und beseitigen dadurch den Schmerz.

Die Beobachtung schärfere Gehör rührt von der schon lange bekannten Thatsache her, dass comprimirt Luft besser den Schall leitet, sodass wir in ihr gleichstarke Töne besser hören können als in gewöhnlichem Luftdrucke. Das Sprechen ist dabei erschwert, bei 2,5 Atmosphären Druck kann man nicht mehr pfeifen.

Versuche von R. von VIVEXOT und LANGER mit dem Apparate auf dem Johannisberg an Thieren bei einer Luftverdichtung um  $\frac{3}{7}$  Atmosphäre eine Zunahme der Lungengrösse, durch Percussion ebenso wie am Spirometer nachweisen liess. Die vitale Kapazität der Lunge zeigte sich gegen gewöhnlich um 3,3—3,4 pCt. gesteigert. Die absoluten Luftmengen, welche durch diese Vergrösserung der Lunge aufgenommen werden können, sind natürlich in noch stärkerem Verhältniss etwa wie 5 : 3 : 2.

Der längeren Aufenthalt in der verdichteten Luft soll die vitale Kapazität der Lunge vermindert werden. Die Zunahme soll bis zu 24 pCt. steigen können.

Die Respirationenfrequenz sinkt von 16—4 in der Minute in der comprimierten Luft, und diese Wirkung soll für längere Zeit andauern. Die Kohlensäureausathmung soll zunehmen, was sich vielleicht auf eine lebhaftere Oxydation und Sauerstoffaufnahme bezieht. Bei den Arbeitern bei den pneumatischen Brückenbauten fand sich wenigstens eine Vermehrung des Appetits, Zunahme der Harnsekretion und Abmagerung. Bei genügender Nahrung soll letztere fehlen und dafür eine allgemeine Kräftigung des Muskelsystems und des Herzes eintreten.

Es tritt stets eine vorübergehende Abnahme der Pulsfrequenz, wahrscheinlich durch Verengung der Widerstände in der arteriellen Blutbahn durch Kompression der Gefässe des vermehrten Druckes. Anfanglich steigt dabei auch die Temperatur, kann aber der Folge ohne Verminderung des Luftdruckes sogar unter die Norm sinken. Die oberflächlichen Venen schwellen ab, die Haut wird blass.



## Ventilation.

Nach der Diät giebt es wohl kein Postulat der Gesundheitspflege, gegen das Publikum so fortgesetzt gesündigt wird als gegen das der richtigen, zureichenden Erneuerung in den Wohnungen.

Die engen Wohnräume, möglichst hermetisch verschlossen gegen das Frische, frischen gesunden Luft, werden namentlich im Winter Brutstätten der mannigfaltigsten Krankheiten, indem der fortgesetzte Aufenthalt in schlechter Luft die Widerstandsfähigkeit des Individuums gegen jede Art von Krankmachendem herabsetzt.

Es wird uns aber die Hartnäckigkeit, mit welcher sich das Publikum der Lüfterneuerung widersetzt, weniger unverständlich, wenn wir sehen, dass mancher Arzt in unseren Tagen, der sich ein richtiges Verständniss der Frische schaffen können, noch so vollkommen falsche Anschauungen über dieselbe hegen. Sollen wir von der älteren Praxis sagen, welche eine frische Luft von dem »Zuge« nicht zu unterscheiden vermochte? Die Furcht des Publikums vor der ärztlichen Seite seiner Zeit beigebracht worden. Es dauert lange, bis in das ärztliche Ansichten eindringen; einmal aber festgesetzt, sind sie kaum aus der Welt wieder auszutreiben. Man folgt mit halber Aufmerksamkeit den wissenschaftlichen Auseinandersetzungen des Arztes, verspricht Abhülfe des Uebelstandes, zuckt mit den Achseln über den modernen Neuerer und lässt es bei der althergebrachten Reinlichkeit.

Was hilft da in manchen Fällen weiter als das Fenster geradezu einzuschlagen? Frische, reine Luft ist in erster Linie Lebens- und Gesundheitsbedürfnis. Sie kann durch keine Räucherung oder Desinfektion ersetzt werden.

Wenn es in einem Kranken- oder Wohnzimmer übel riecht, so pflegt man zu Räuchermitteln zu greifen. Diese haben nur die Wirkung, unsere Geruchswahrnehmung von der Natur als Hauptwächter unserer Gesundheit verliehen sind, durch Reizung soweit abzustumpfen, dass sie die Warnung vor den gasförmigen Feind des Lebens nicht mehr vernehmen.

Der Arzt muss ein erklärter Gegner aller Räucherungen sein. Nicht weil wir den niemals dadurch schädliche Stoffe vernichtet werden könnten, sondern weil wir nach ihrer Anwendung in unserem Geruchsorgane für längere Zeit keinen Massstab für die Reinheit der uns umgebenden Luft mehr besitzen. Wenn Wohn- oder Krankenzimmer nach Weibrauch, Chlor oder Essigdämpfen riechen, von vorneherein den Verdacht hegen, dass hier nicht die gehörige Aufmerksamkeit bei Beschaffung frischer Luft verwendet wird, sonst würde es dieser Mittel nicht bedürfen.

Eine missverstandene Gesundheitspflege legt einen grossen Werth auf die Grösse des Luftraumes, in welchem der Mensch sich aufhält und wohnt. Man mag annehmen, dass für den Einzelnen die Grösse des Luftraumes, in dem er lebt, 800 Kubikfuss betragen müsse, und für Kranke etwa 1000 Kubikfuss Luft. Aber man darf nicht vergessen, dass ein noch so grosser Luftraum bei ungenügender Ventilation bald durch den Aufenthalt, den Athem und die Perspiration des Menschen wird, und dass dagegen ein ungemein beschränkter Wohnraum an sich, bei genügender Luftzufuhr doch die Gesundheit nicht zu beeinträchtigen braucht.

Besonders bei der Kasernirung des Militärs pflegt man grosses Gewicht auf die Grösse der Wohnung, welche der Einzelne zu beanspruchen hat, zu legen.

Am freigebigsten waren die Einrichtungen in dieser Beziehung in dem ehemals reichhaltigen Hannover. Noch in neuester Zeit wurde dort der Luftraum für den Mann auf 800 Kubikfuss erhöht.

In Oesterreich wird in den Kasernen auf den Mann  $2\frac{1}{4}$  Kubikfuss Luft ge-

raum für den Soldaten in den preussischen Kasernen ist einschliesslich des Aufstellung der Betten, der übrigen Utensilien und des Ofens auf einen Flächeninhalt von 42—45 Quadratfuss, mithin bei einer Zimmerhöhe von 10—11 Fuss auf 420—450 Kubikfuss normirt. In den Militärspitälern steigt der Raum für den einzelnen Kranken auf 720 Kubikfuss.

Das englische Regulativ von 1859 verlangt für den Mann in gemässigten Klimaten einen Raum von 600 Kubikfuss.

In Frankreich kommen auf jedes Bett in den Kasernen nur 42, im Reconvalescenzsaal 54, im Krankensaal 60 Kubikfuss.

Unabhängig bei genügender Luftzufuhr die Gesundheit von der Wohnungsgrösse ist der von PETTENKOFER erwähnte Transport von 500 Straflingen auf dem französischen Dampfschiff nach Cayenne. Der untere Schiffsraum und das Zwischendeck, wo die Gefangenen während der langen Reise verweilen sollten, hatte nur so viel Raum, dass für ein Mann 1,7 Kub.-Meter blieb. Es war ein Ventilator (nach VAN HECKE'schem Systeme, von einem Mann getrieben) in Thätigkeit, der in der Stunde mehr als 6000 Kubikmeter Luft mit einem Windschlauche versehen bei mässigem Winde sogar mehr als 9000 Kubikmeter Luft ausströmte.

Während der Reise genossen die 500 Straflinge eine vollkommene Gesundheit, an dem Arzte nicht ein einziger Krankenzettel geschrieben werden musste. Sa-

ber darf der Ventilation natürlich nicht mehr zumuthen als sie zu leisten vermag.

Bei sonstiger, vollkommener Reinlichkeit dürfen wir von einer Lüfterneuerung den vollen Erfolg, einen Raum mit gesunder Luft zu versorgen, verlangen. Ein Raum, welcher von der Ausdünstung der Bewohner, auch sonst noch Quellen mephitischer Gase fortwährend fliessen, enthält, z. B. einen ungereinigten Nachtstuhl, ein befeuchtetes Bett etc., wird durch keine Ventilation zu einem nicht Ekel erregenden Wohnraum werden können. Ist aber diese Bedingung der Reinlichkeit erfüllt, so wird die nöthige Lüfterneuerung auch in einem Krankenzimmer keine Belästigung erfahren. Die Ventilationsfrage ist für Deutschland durch die Untersuchungen v. PETTENKOFER's in das Stadium getreten. Wir schliessen uns seiner Darstellung an.

Er benutzte als Maass der Reinheit der Luft die Kohlensäuremenge, welche in einem bestimmten Luftvolum sich vorhanden zeigt, und lehrte uns eine einfache Bestimmungsmethode dieses vornehmlichen Athmungsproduktes, welche in der Hand jedes sorgfältigen Beobachters ein sicheres Resultat zu geben verspricht.

Darf aber nicht glauben, dass die Kohlensäure es sei, welche auf unser Befinden den nachtheiligen Einfluss der schlechten, verdorbenen Luft ausübt. Sie ist in der Atmosphäre nur in sehr minimalen Mengen vorhanden; ihre Quantität schwankt zwischen 0,4—0,6 pro Mille dem Volum nach. Im Mittel darf man als Normalgehalt etwa 0,5 pro Mille annehmen. Aber auch in Wohnräumen, welche eine sehr verunreinigte Luft durch das Athmen darboten, steigt sie nicht über einige Tausendstel im Volum.

In einem behaglichen Wohnzimmer fand PETTENKOFER den Kohlensäuregehalt zu 0,54—0,6 pro Mille, während er ihn in übelriechenden, schlecht ventilirten Krankenzimmern zu 1,5—2,0, in überfüllten Hörsälen zu 3,2, in Kneipen zu 4,9, in Schulzimmern zu 7,2 pro Mille bestimmte.

Man darf an sich immerhin selbst in dem schlechtesten Falle (Schulzimmer!) noch absolut zu vernünftige Kohlensäuregehalte der Luft ist an sich nicht im Stande, die Gesundheit zu schädigen. Wir empfinden, wenn auf chemischem Wege reine Kohlensäure in der Luft in grosser Quantität entwickelt und der uns umgebenden Luft beigemischt wird, keinerlei Belästigung.

Wir spüren dagegen eine solche sogleich dann, wenn die eingeschlossene Luft durch den Aufenthalt von Menschen einen nur minimal gesteigerten Kohlensäuregehalt erreicht. Feinbar ist es also nicht die Kohlensäure selbst, welche uns eine Luft unbehaglich macht. Durch die Respiration und Perspiration des Menschen werden der Luft ausser Kohlensäure auch noch Wasserdampf und eine Anzahl anderer flüchtiger Stoffe beigemischt.



von denen wir bisher nur einige genauer kennen: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Ammoniak, Weingeist nach alkoholischen Getränken etc. Die genannten Gase kann in einem geschlossenen Luftraume so weit steigen, da die Abscheidung aus dem Organismus, in dem sie nur unter einem minimalen Druck sehr verlangsamt oder vielleicht ganz gehemmt werden kann. Es ist sicher, dass eine sehr geringe Menge dieser scheinbar so giftigen Stoffe im Organismus durch Störungen der normalen Funktionen hervorrufen kann.

Da es nicht gelingen würde, diese minimalen Stoffmengen mit der für gleiche erforderlichen Schärfe zu bestimmen, so kann uns nach PATTENKOPF Kohlenwasserstoff, durch Athmung der Luft beigemischt, ein Maass abgeben für die Verunreinigung, welche die Luft eines Wohnraumes durch den Aufenthalt von Menschen erleidet. Wir legen also bei diesen Bestimmungen nicht sowohl Gewicht auf den Einzelfall, sondern documentirt uns nur in bewohnten Räumen den Grad der Luftverunreinigung.

Um die Grösse des Luftbedürfnisses richtig bemessen zu können, muss man zuerst fragen, wie bedeutend die Luftverunreinigung durch ein Individuum in einer bestimmten Zeit sich herstellt.

PATTENKOPF nimmt als Durchschnitt an, dass ein mittlerer Mensch in der Stunde 12 Liter Kohlenwasserstoff ausathmet, welche  $\frac{4}{100}$  an Kohlenwasserstoff enthalten, in einer Stunde also mit 48 Liter Kohlenwasserstoff.

Wir fühlen uns nur in einer solchen Luft behaglich, welche in Folge der Perspiration von Menschen nicht mehr als höchstens 1 pro Mille Kohlenwasserstoff enthält.

Um dieses Postulat zu erfüllen, muss an Stelle der durch die Athmung verunreinigten Luft eine sehr bedeutende Menge frischer Luft eingeführt werden, da durch die Vermischung der Luft, in dem der Mensch geathmet hat, wahrhaft ausgewaschen wird. Die neu einströmende Luft mischt sich der alten, verdorbenen Luft zu; sie verunreinigt nicht einfach, sondern verdünnt sie nur immer mehr und mehr. Es ergiebt sich ein Verhältniss wie bei einem mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllten Gefässe, aus dem beständig eine bestimmte Flüssigkeitsmenge abfließt, während eine gleiche Menge ungefarbten Wassers zufließt. Das letztere mischt sich mit dem noch gefärbten, und verdünnt die Farbe allmählich immer mehr und mehr. Jedoch es, was für eine bedeutende Wassermenge dazu gehört, um aus Zeugen intensiver Färbung auszuwaschen.

Ebenso muss die Quantität der durch die Ventilation einem Raume zugeführten Luft, die Luft, welche in der gleichen Zeit in diesem Raume ausgeathmet wird, in dem Verhältnisse übertreffen, in welchem der Kohlenwasserstoffgehalt der ausströmenden Luft grösser ist, als die Differenz zwischen dem Kohlenwasserstoffgehalt der freien Luft und der Luft, in welcher der Mensch erfahrungsgemäss auf längere Zeit sich behaglich fühlt. Nun ist aber der Kohlenwasserstoffgehalt der ausgeathmeten Luft  $\frac{4}{100}$  oder 40 pro Mille, der Kohlenwasserstoffgehalt der freien Luft circa 0,3 pro Mille, und der Kohlenwasserstoffgehalt der guten Zimmerluft nach den oben angegebenen Untersuchungen durchschnittlich 0,7 pro Mille. Hieraus ergiebt sich:

$$\frac{40}{0,3} = 200.$$

Man muss also, wenn ein Mensch oder eine Anzahl Menschen in einem Raume athmen, in diesen Raum wenigstens das 200fache Volum der ausströmenden Luft in jedem Zeitmomente zuführen, wenn die Luft im Raume stets frisch erhalten werden soll. Da ein Mensch in der Stunde etwa 300 Liter Luft ausathmet, so müssen in dem Raume, in welchem er sich aufhält, in dieser Zeit 60000 Liter = 60 Kubikmeter frische Luft zugeführt werden. Das Verlangen scheint enorm gross.

End doch haben direkte Messungsversuche ergeben, dass ein geringerer Luftwechsel genügt, die Luft in einem Krankenzimmer geruchlos zu machen.

Man ist in Frankreich auf ganz anderem Wege als PATTENKOPF zu demselben Resultate gekommen.

In einigen Spitalern in Paris werden mechanische Ventilationsapparate ver-  
blich durch Röhren in die Krankensäle Luft eintreiben, deren Menge mit Anemo-  
gen genau bestimmt werden kann. Bei einer stündlichen Ventilation von 40 Kubik-  
(Kubikfuss) zeigte sich, dass die Luft in den Sälen einen sehr üblen Geruch hatte.  
auf das Doppelte, aber das Resultat war nicht viel besser. Erst bei 60 Kubikmeter  
den Kranken in jeder Stunde zeigte sich dem Geruch und Wohlbefinden nach die  
Krankenzimmer rein.

Kubikmeter Luft in der Stunde für jeden Kranken müssen unab-  
h von jeder ausreichenden Ventilation als Minimalleistung ge-  
werden.

esat, dass für Wohnräume, welche eine ausgiebige Ventilation bedürfen, also  
für Spitäler, eine genügende Luftzufuhr mit aller Sicherheit nur durch direktes  
en von frischer Luft erreicht werden könne.

errenkoper ist dazu bis jetzt der von van HECKE konstruirte Ventilator am zweck-  
und am wenigsten kostspielig.

Der Luftkanal aus Zinkröhren verzweigt sich vom Keller aus und mündet in allen  
en und Zimmern. In die Hauptzuführungsröhre ist der Ventilator eingesetzt, der  
1 Pferdekraft in Bewegung erhalten wird.

entilator besteht aus zwei Schaufeln (ähnlich wie die bewegende Schraube an  
ampfschiffen), welche auf zwei Stielen senkrecht auf einer rotirenden Axe sitzen  
en Winkel von 59—60 Graden geneigt sind. Eine Eigenthümlichkeit dieses Ven-  
ilators ist, dass die Neigung der Paletten nicht konstant ist, sondern mit der Geschwindig-  
keit sich ändert. Um zu sehen, ob die nöthige Quantität Luft zuströme, dient  
des Druckes, welchen der Luftstrom in der Hauptröhre auf eine bestimmte Fläche  
dieser Druck wird auf einen Hebel übertragen und von diesem mittelst einer  
einen Quadranten, dessen Zeiger dadurch bewegt wird. Dieser Quadrant (Indi-  
kator) sich im Gange eines jeden Stockwerkes befinden, sodass der Arzt oder der  
ktor des Spitals jeden Augenblick sehen kann, ob der Stand des Zeigers der fest-  
Luftstromstärke entspricht oder nicht. Die Bewegung des Ventilators muss stets  
ade gesteigert werden, als es die Zeigerstellung erfordert.

an van HECKE'schen Ventilationseinrichtungen ist dafür gesorgt, die Luftkanäle auch  
ung benützen zu können. Da durch letztere auch schon eine Lüfterneuerung  
hat die mechanische Ventilation dann nur als Unterstützung zu wirken, um das  
bederzte Luftquantum herbei zu schaffen.

rekte Eintreiben von Luft bei der Ventilation hat stets den bedeutendsten Vorzug  
Absaugen. Richtete man den beschriebenen Ventilator anstatt im Keller auf den  
in die Hauptabzugsröhre zum Luftansaugen (wie es die ursprüngliche Einrichtung  
verschwand, wenn man die Luft eines Saales zum Zwecke des Versuches mit stark  
n Substanzen verunreinigte, der Geruch bei Verwendung gleicher mechanischer  
n Eintreiben in  $\frac{3}{4}$  Stunden, beim Aussaugen durch den Kamin erst in  $\frac{5}{4}$  Stunden.  
ort dieses auf den ersten Blick unverständliche Verhältniss daher, dass die dem  
zuströmende Luft nicht alle aus den vorgeschriebenen Kanälen stammt, sondern  
dieser, auch aus nächster Nähe des Ventilators angesaugt wird.

üssen auch hier mit gegebenen Grössen und Verhältnissen rechnen.

e Verwaltung ständiger Krankenhäuser, Kasernen, Strafanstalten, gefüllten Er-  
häusern, Auswandererschiffen etc. überall, wo die in grösserer Menge Tag und  
ammenlebenden Menschen sich bei ungenügender Lüfterneuerung den Athemluft-  
verschlechtern können, dass eine Gefahr für die Erhaltung ihrer Gesundheit daraus  
muss der Arzt auf die Einrichtung künstlicher Ventilation wieder und wieder  
so lange sich eine falsch angewendete Sparsamkeit gegen die natürlich kostspielige  
g und Erhaltung stemmt.

an es aber einmal mit überfüllten Wohnräumen, Kriegsspitälern etc. zu thun, ohne



dass sogleich durch künstliche Ventilation Abhülfe geschafft werden kann, nicht die Hände in den Schoß legen. Er muss es verstehen, die ihm gegebenen Ventilationsmittel ausgiebig zu benützen. Dazu ist aber eine genaue Kenntniss der Wirkungsgrösse dieser ihm zu Gebote stehenden Hilfsmittel.

PETTENKOFER hat uns gelehrt, dass die trockenen gemauerten Wände für Luft leicht durchgängig sind, und dass ein Kalk- oder Gypsbewurf dies ebensowenig hindert als ein Oelaustrich. Bei Ziegelsteinwänden namentlich Unzahl von Poren, durch welche die äussere Luft mit der Zimmerluft in Berührung steht. Unsere Wohnungen sind ebenso porös wie unsere Kleider, mit gleicher Funktion theilen. Durch beide beabsichtigen wir unseren Körper den Schwankungen des Klimas zum Trotz mit einer möglichst gleichmässigen Umgebung.

Um die Porosität der Wände anschaulich zu machen, kann man nach dem gewöhnlichen Ziegelstein benützen. Man überzieht von den sechs den Ziegel bedeckenden Flächen vier mit einer der Luft undringlichen Masse gemischt aus Gips und Harz in der Art, dass zwei gegenüberliegende Flächen frei bleiben. Nach dem Trocknen werden zwei Platten von der Grösse der beiden gegenüberstehenden, vom Wachs bestrichenen Flächen auf diese. Die Bleche haben in der Mitte ein etwa  $\frac{1}{4}$  Zoll weites Loch, in welches je eine Röhre von ein paar Zoll Länge luftdicht eingepasst, angelötet ist. Sind die Bleche oder Platten auf die freien Flächen des Ziegelsteins aufgebracht, so sind sie an ihren Rändern mit der nämlichen klebenden Masse, womit man den Ziegelstein überzogen hat, luftdicht mit den vier überzogenen Flächen verbunden. Der ganze Ziegelstein ist gleichsam eine Röhre dar, welche von einer Ziegelsteinmasse von bestimmter Länge und Dicke unterbrochen wird. Bläst man nun zu einem Rohr hinein, so wird die Luft an der Mündung des gegenüberliegenden Rohres unter Wasser hält, so wird die Luft aus der Mündung auf der freien Fläche durch den Ziegelstein blasen kann, in der gegenüberliegenden Mündung wieder gesammelt, unter Wasser mit Geräusch und in Blasenform austretend, nirgends entweichen kann.

Derselbe Versuch gelingt in analoger Weise mit einer kleinen Wand aus Gips und Mortel und Gips gemauert und angestrichen, die man ähnlich mit Platten, die einen dichten Verschluss der freien (schmalen) Seiten versehen hat. Die Luft, die man einblasen auf der einen Seite kann so stark werden, dass dadurch an der Mündung des trichterförmigen Rohres ein Licht ausgeblasen werden kann.

Jeder Windstoss auf die Aussenseite einer Wand bringt eine Luftbewegung hervor, wie sich an den PETTENKOFER'schen Wandschema leicht beobachten lässt. Krankhaft gesteigerte Hautempfindlichkeit kann den leichten Luftzug spüren, besonders wenn die einströmende Luft eine von der Zimmerluft verschiedene Temperatur besitzt. Häufig behaupten schwitzende Kranke (Wöchnerinnen), die gegen die Wand steht, die gegen das Freie sieht, dass sie den Zug von der Wand her spüre. Ein Schirm zwischen Bett und Wand kann man diesen Klagen abhelfen.

Die Durchgängigkeit von Bruchsteinen wird grosse Verschiedenheiten zeigen. Der Mörtel lässt aber die Luft mit Leichtigkeit passiren, sodass also auch Wände aus Bruchstein und Mörtel zusammengesetzt sind, eine nicht unbeträchtliche Permeabilität besitzen.

Versuche über den durch die Wand stattfindenden Luftwechsel lehren, dass derselbe unbedeutend sein kann. PETTENKOFER bestimmte in einem kleinen Zimmer, dessen Wand direkt in's Freie sieht, in 4 Versuchen die freiwillige Ventilation in folgenden Zahlen:

I = 95	Kubikmeter in der Stunde
II = 74	" "
III = 22	" "
IV = 34	" "

Dabei machte es keinen irgend auffallenden Unterschied, ob alle Ritze, Fenster etc. auf das Sorgfältigste verklebt waren. Es ergiebt sich daraus, dass

öffnungen der Wand, mit denen die innere Luft des Zimmers mit der freien kommuniziert, zusammen viel mehr Luft eintreten lassen als die Spaltenräume, die dick auffallen.

Grösse des Luftwechsels durch die Wand ist selbstverständlich vor allem der in den Temperaturen der kommunizirenden Lusträume von Wichtigkeit. Je Differenz sich stellt, desto mehr Luft wird ein- und ausströmen. Dieser Satz in die PETTENKOPF'schen Versuche vollkommen anschaulich gemacht. Der oben Versuch I wurde am 7. März, der II. am 9. desselben Monats, der III. am 20. der IV. am 11. December angestellt. Bei dem Versuche

zug die durchschnittliche Temperaturdifferenz im Zimmer und im Freien:  
und die in 1 Stunde eintretende Luftmenge 95 Kubikmeter

„	74	„
„	23	„
„	54	„

hier kann also für einige Ventilation schon dadurch gesorgt werden, dass man meist konstant höhere Temperatur im Zimmer als im Freien erhält. Sinkt die Temperatur im Wohnraume mehr und mehr, so nimmt auch die Lüfterneuerung durch die eine Luft, die vorhin noch ziemlich gut war, kann jetzt, da sie nicht mehr gesäuert wird, übelriechend und ungesund werden. Daher rührt es, dass eine kalte Zimmer so schädlich ist, während kalte Luft im Freien an sich keine nachtheiligen ist. Die in den meist überfüllten schlecht geheizten Wohnungen im Winter frieren- leben also dabei auch noch in schlechter, verdorbener Luft. Die Unterstützung im Winter mit Brennmaterial ist also eine sanitätspolizeiliche Maassregel von Bedeutung und Tragweite.

PETTENKOPF angeführten Ventilationsgrössen durch die Zimmerwände sind natürlich auf andere Zimmer nicht direkt übertragbar. Das von ihm untersuchte einen Rauminhalt von etwa 3000 Kubikfuss. Die eine gegen das Freie stehende welche natürlich vor allem die Lüfterneuerung erfolgte, hatte sammt den circa 225 Quadratfuss Fläche. Bei grösseren Wänden, bei anderen Verhältnissen Wandwand zum Zimmerraum werden sich die Verhältnisse bedeutend modificiren. Allgemeines ergeben die Zahlen aber doch, dass wir daraus entnehmen können, natürliche Wandventilation nicht ausreicht, um die Luftverderbniss hintanzuhalten, als ein Individuum ein derartig grosses Zimmer bewohnt. Die freiwillige Ventilation sich sehr veränderlich, aber jedenfalls hält sie sich stets in nur kleinen Grenzen. daraus weiter, dass wenn wir ganz von künstlicher Ventilation absehen, der Raum für den Einzelnen von im Maximum 1000 Kubikfuss auf das Dreifache er- gen müsste, um wirklich auszureichen, und diese Grösse würde nur für den Gesun- gen haben, während bei dem Kranken mit gesteigerter Ausdunstung, riechenden de, das Luftbedürfniss sich noch sehr steigern wird.

fahrungen in den letzten Kriegen haben gelehrt, dass man unter Umständen mit tischen Ventilation vollkommen ausreichen kann, wenn man die Krankenzimmer am mit Kranken belegt. Der Evakuierung der Kriegsspitäler haben wir es vor allem dass die sonst so gefürchteten Feinde des Lebens der Verwundeten: Pyämie, Hospitalbrand etc. weniger bemerkbar wurden.

mitat der Wände hört sogleich auf, sowie die letzteren feucht werden. Neuerrich- e und Häuser zeigen noch keine genügende natürliche Ventilation wegen der noch Vande. Sie kann durch die Fenster und Thürritzen nicht ersetzt werden, wie wir erkannt haben. Daraus erklärt sich die Gefahr neuer oder sonst feuchter Woh- e die Gesundheit. Am allerschädlichsten wirkt dieser Faktor natürlich in Kranken- und Spitälern, wo das Luftbedürfniss ein sehr viel grösseres ist.

ürliche Ventilation durch die Wände kann in etwas durch Ofenheizung im gesteigert werden.



Man hat früher die Wirkung der Heizung im Zimmer, der offenen Kamine, der Ventilation bedeutend überschätzt. Nach direkten Messungen PETTENKOPF's, welche haftes Feuer im Ofen den Luftwechsel durch die natürliche Ventilation nur um ein Kubikmeter in der Stunde, im günstigsten Falle um 90 Kubikmeter. Es liefert also die Heizung nur eine etwa für einen einzigen Menschen genügende Luftmenge. Wir wissen doch, dass immerhin die offene Heizung im Zimmer zur Ventilation desselben bedeutend beitragen kann.

In Zeiten, in denen das Oeffnen der Fenster gestattet ist, haben wir keine unbedeutende und oft ausreichende Ventilationsunterstützung. Es ist klar, dass unter gleichen Verhältnissen in derselben Zeit mehr Luft durch grössere als durch kleinere Oeffnungen in unsere Zimmer strömen wird. Natürlich steigt und fällt auch hier die Menge der einströmenden Luft mit der Zu- und Abnahme der Temperatur. Wir wissen längst, dass wir je nach der Temperatur und dem Winde im Freien ein Zimmer verschieden lang offen zu halten haben, um vollkommen zu lüften. Im Winter zeigt sich eine halbe Stunde so wirksam wie im Sommer ein halber Tag. Auch der zu öffnenden Fenster wird dadurch von Wichtigkeit und Bedeutung. Bei der Versuche PETTENKOPF's stieg nach dem Oeffnen eines Fensterflügels von  $9\frac{1}{2}$  Quadratmeter die stündliche natürliche Ventilation von 7 Kubikmeter in der Stunde auf das 14 Kubikmeter.

Das Oeffnen der Fenster ist also für Erhaltung einer reinen Luft sehr wichtig. In Spitälern, in denen der Krankenstand (besonders bei vielen eiternden Flächen) sehr vermindert werden konnte, hat sich das Ausheben der Fenster und nur gelegentlich der Schluss derselben mit Fensterläden sehr zweckmässig erwiesen. Bekannt sind die Erfahrungen in Kissingen, in denen die schwer Verwundeten halb im Freien sich am besten erholten. Das Pavillon- und Zeltsystem, aus dem amerikanischen Bürgerkriege stammend, hat die gleiche sanitätische Bedeutung.

Es ist für die Erhaltung des Lebens weit besser, dass ein Verwundeter in der freien Luft (— ebenso eine Entbundene —) auf offener Strasse liegt als in einem ungenügend ventilirten Raume.

Wenn wir manche neugebaute Kranken- oder Gebärhäuser betrachten, so wird uns klar, wie wenig man bei Anlage solcher Anstalten noch immer den Anforderungen der Natur schaft Rechnung trägt. Selbstverständlich ist ein grosser viereckiger Hausbau die beste Form für ein solches Haus. Krankenhäuser sollen stets luftige, hellbelaubte Gebäude sein, welche der natürlichen Ventilation möglichst viel in's Freie sich darbieten, mit grossen Fenstern, denen ein Gegenzug durch gegenüberstehende Fenster und Thüren gemacht werden kann; die Fronte nach Süden gerichtet; möglichst einseitig. Dasselbe Erforderniss gilt für Kasernen, Seminare, Strafanstalten etc.

Es ist einleuchtend, dass, wenn wir einmal eine schlechte Luft für schädlich halten, wir sie dann von Rechtswegen nirgendwo dulden dürfen. Der schädliche Einfluss der Luft wird aber mindern, wenn der Aufenthalt in weniger guter Luft nur für kürzere Zeit ist. In Kirchen und Hörsälen werden wir eine geringere Ventilation weniger beanstanden, als es in Schulzimmern, in denen sich Kinder, auf deren zarteren Organismus die schädlichen Einflüsse noch stärker einwirken, den grössten Theil des Tages zusammengepackt halten. Hier muss eine verständige Gesundheitspflege stets für möglichst reine Luft sorgen, zwar durch künstliche Ventilation, da die natürliche höchstens vielleicht bei beständig geöffneten Fenstern ausreichen würde, die Luft, in die so viele Personen Ausdünstungen ergiessen, rein zu erhalten.

Dasselbe sollte für Schenkstuben und Wirthshäuser verlangt werden. —

Die Reinheit und Gesundheit der Luft in Wohnräumen wird nicht allein durch die Ausdünstung des Menschen selbst beeinträchtigt. Ein gesundes Geruchsorgan bemerkt vor allem auch die Unrathstellen in und bei unseren Wohnungen, besonders die Abfälle, die Ruhe etc., die Luft verunreinigen. Und wir dürfen nicht vergessen, dass für die

Verunreinigungen wahrnehmbar sind. Wir kennen eine Anzahl von giftigen Gasen, Sauerstoffgas, die durch Nichts dem Geruchssinn ihre Gegenwart verrathen. Es ist wahrscheinlich, dass wir bei näherem Eindringen in die Kenntniss der gasförmigen Gifte, welche von Fäulnissherden der Luft beigemischt werden, die Reihe dieser bekannten Gifte gefährdenden, weil unmerklichen Gifte noch bedeutend vermehren müssen.

Neuere Untersuchungen lassen kaum mehr einen Zweifel, dass das Typhus- und Choleragift, wenn wir uns einer etwas uneigentlichen Bezeichnung bedienen dürfen, in der That aus faulenden Excrementen gelangen. C. Turiancu hat zuerst nachgewiesen, dass Choleraejektionen einen specifischen Stoff entwickeln, welcher auch bei Thieren choleraartige Erscheinungen hervorrufen kann. Vielleicht sind diese Gifte nur in so geringen Spurenmengen in der Luft vorhanden, dass sie sich eines Nachweises für immer entziehen können. Man kann sie eingeathmet ihre Schädlichkeit entfalten. Denn wir wissen, dass die Menge, welche ein Mensch täglich in seine Lungen aufnimmt, eine so bedeutende ist, dass man Quantitäten der Luft, die wir zu einer Analyse verwenden können, dagegen sehr geringe Mengen, sodass auch Stoffe, welche procentig in minimalen Quantitäten in der Luft vorhanden sind, doch absolut in nicht ganz kleinen Dosen zur Wirkung gelangen können. Rechnet man den Athemzug im Durchschnitt zu  $\frac{1}{2}$  Liter und rechnen wir zwölf Athemzüge im Minuten, so ergeben sich für 24 Stunden 17280 Athemzüge, die mehr als 8000 Liter oder 320 Kubikfuss Luft in die Lungen einführen.

Besonders in Städten ist der Boden, auf welchem die Häuser stehen, durch das Einsickern organischer Abfälle in hohem Maasse mit organischen, faulenden Substanzen imprägnirt. Die Ausdünstungen des Bodens mischen sich beständig der Luft unserer Wohnungen und wir athmen und wohnen dadurch in unreiner Luft, die im hohem Maasse schädliche Wirkungen ausüben kann. Viel häufiger ist diese Ausdünstung des Bodens nach PETTENKÖFER die Ursache der Erkrankungen als das Brunnenwasser, in welchen wir in einigen Fällen die krankmachende Ursache erkannt haben. Zu dem älteren, bei der Besprechung des Wassers als Nahrungsmittel schon aus London erwähnten Falle, bei welchem es constatirt liess, dass der Cholerakeim (in Choleraexcrementen) mit dem Trinkwasser vermischt wurde, kamen im letzten Jahre neue Beweise hinzu.

Ob dem Berichte des Registrar-General lässt sich ein sehr auffallender Zusammenhang zwischen der Mortalität der letzten Epidemie, je nach der Qualität des Wassers, mit dem die einzelnen Bezirke Londons versorgt werden, erkennen. Die von den beiden Thames Water Companies versorgten Distrikte zeigten eine Sterblichkeit von 41,3 und 43,2 auf 10000 der Bevölkerung; drei durch andere Gesellschaften versorgte Distrikte hatten 20,3, 12,6 und 19,3 auf 10000, deren Wasserleitung aus dem oberen Theile des Flusses Lea gespeist wurde, 17,1 auf 10000, dagegen zeigte der von der East London Compagny aus dem tieferen Theile des Flusses Lea und dem Old Ford Reservoir versorgte Distrikt die verhältnissmässig enorme Mortalität von 94,3 auf 10000.

Man wird also auch in dem Trinkwasser ein nicht wegzuleugnendes Moment für Erregung anerkennen müssen, so sehen wir die aus dem Boden stammende Unreinheit der Luft auf einem weit grosserem Maassstabe für die Gesundheit in Frage kommen. Der Cholerakeim entgeht sich aus den Choleraejektionen nur im Erdboden; auch bei der Uebertragung der Cholera durch das Wasser scheint der Keim zunächst in den Boden gelangen zu müssen, um seine Wirkung zu kommen (PETTENKÖFER).

Es scheint kaum möglich, aber auch unnöthig, die Vergiftung, die der Boden seit dem Bestehen der Städte und Wohnräume erfahren hat, durch Desinfection des Bodens wieder zu heben. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wenn kein neuer Nachschub von organischen Substanzen in den Boden gelangt, die darin enthaltenen, krankheits erzeugenden Stoffe nach einer mehr oder kürzeren Zeit durch die eindringende Luft zerstört sein werden. Es kommt also nicht darauf an, der Fortsetzung der Verunreinigungen des Bodens zu steuern. Es dürfen nur die Verunreinigungen der Häuser und Fabriken, die mit organischen Stoffen arbeiten, besonders die Exkremente der Thiere und Menschen nicht mehr in den Boden gelangen, wohn



man sie früher systematisch eindringen liess. An einer anderen Stelle kann wasserdichte Anlage aller Abzugskanäle, die sich besonders durch Cementiren lässt, als Nothwendigkeit gefordert. Es ist aber einleuchtend, dass sich auch bei dieser Abzugskanäle in Flüsse, worauf sie stets berechnet sind, auch wenn sie hier kaum irgendwo vollkommen vermieden ist, keine Flüssigkeiten aus sich sinken lassen, nicht ganz gefahrlos sein kann. Auch aus den Flüssen kommende Dünste aufsteigen, und in Städten wie London und Paris, in denen das gereinigt das einzige Trinkwasser ist, kommt noch die Gefahr der Krankheitsverbreitung durch das Trinkwasser hinzu.

Es scheint am besten, überall womöglich das ursprünglich chinesische Abtrittfässer (*fosses mobiles*) einzuführen, welche die Verunreinigung verhindern und die Benützung der fraglichen Stoffe für die Landwirthschaft, der sie die grössten Dienste leisten können.

Für die richtige Ventilation der Wohnhäuser ist die Anlage der Abtritte Wichtigkeit.

Durch die Abtritte stehen die Häuser gewöhnlich mit den Abtrittgruben, die voll fauliger Substanzen, in direkter Luftverbindung. Dasselbe ist der Fall durch Ausgüsse, welche direkt in ein unterirdisches Kanalsystem münden, wo Abfälle der Stadttheile weggeschwemmt werden sollen.

Im Winter, wenn die Wohnungen geheizt und dadurch wärmer sind als die Strasse, findet durch diese grossen Oeffnungen ein gewaltiger Luftstrom von den Orten der Verwesung und des Ekels seinen Weg in die Häuser. Der widerstand, den die Luft bei ihrem Durchgange durch die Oeffnungen findet, ist besonders auf Treppen und Vorplätzen in der Nähe der Abtritte — oft unmittelbar neben der Küche!! — giebt uns von dieser Art der ekelhaftesten Lüfterneuerung Kunde. Jede Lichtflamme in die Nähe der fraglichen Oeffnungen gehalten, zeigt uns die Richtung des Luftstromes an, der bei grösseren Temperaturdifferenzen zum hörbar rauschenden Zugwind steigern kann.

Hier bedarf es einer möglichst vollkommenen Abhülfe. Man kann durch den Verschluss der Oeffnungen (*Water closets*) das Eindringen der Luft in die Wohnungen verhindern. Wo keine sonstige Abhülfe nöthig ist, ist dieses das sicherste Mittel, die Gassenluft aus den Wohnräumen abzuhalten. Mit verhältnissmässig wenig Aufwand, man aus einem täglich gefüllten Wasserreservoir, im Abtritte selbst stehen lassen kann, ist dieser Verschluss zu erreichen. Hier helfen keine Aufstellungen von Geruchbindenden Stoffen wie Chlorkalk und Salzsäure. Sie haben kaum die Wirkung, wie Räucherungen in Wohnzimmern, die auch in keiner Weise die Ventilation verbessern können.

In manchen Fällen ist es vielleicht nicht zu schwer, durch eine künstliche Verbindung der Abtrittsräume die Abtrittluft abzuleiten. Man hätte vor allem daran zu denken, den Abtritt mit dem Kamin, der wenigstens während der Winterzeit stets die Wärme des Hauses enthält, durch eine weite Oeffnung oder Rohr zu verbinden, der Luft sich dann dorthin ziehen müssen.

PETTERKOFER stellte die Aufgabe, den Abtritt im Hause als einen eigenen Raum zu konstruiren, welcher in einem möglichst luftdicht schliessenden Hauptrohre vom Hause durchsetzt. In diese Hauptrohre münden in allen Stockwerken die Abtritte, deren Oeffnungen möglichst gut mit einer Klappe verschliessbar sind. In der Nähe der Mündung im Dache müsste eine Flamme die Luft konstant soweit erwärmen, dass in der Rohre ein aufsteigender Luftstrom in die freie Atmosphäre entsteht. Durch diese Vorrichtung könnte eine fortwährende Lüfterneuerung in dem Abtrittrohre erzielt werden, welche auch dem ganzen Hause zu Gute kommen würde.

Die Verunreinigung der Gesamtatmosphäre, welche in einem grossen Masse von den Strömen über unsere Städte, über die ganze Oberfläche der Erde dahinfliesst,

Luft, die wir ihr zuleiten, kann nicht in Frage kommen. Die Verdünnung wird fast absolute.

Die Menge der Luft im Freien, sagt PETTENKOFER, und ihre Geschwindigkeit ist hinreichend gross, um ihr ohne Nachtheil für unsere Gesundheit die Ausdünstung aller Abtrümmel der Stadt übergeben zu können, welche sofort ebenso verdünnt werden, wie die geringen Mengen Kohlensäure, welche die grosse, mit Steinkohlenfeuer betriebene Industrie von Manchester beständig in die Luft haucht, welche über die Stadt zieht, und in ihren Strassen und Plätzen selbst nach den empfindlichsten Methoden eine Angabe des Kohlensäuregehaltes der Luft nachzuweisen ist.

Wir die Verunreinigung der Luft in die Gesamtatmosphäre gestatten, dagegen die Wohnungen so sorgfältig vermieden haben wollen, so erinnern wir uns dabei auch im bestventilirten Hause die Luftbewegung noch um das Hundertfache geringer ist als im Freien. In der Luft des Hauses können sich die gefährlichen, gasförmigen Stoffe in merklicher Quantität anhäufen, während das in der reinen Gesamtatmosphäre nicht möglich ist.

Man kann berechnen, dass ein Mensch, welcher im Zimmer das Normalquantum Luft, 20 Kubikmeter in der Stunde erhält, im Freien, bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 1 Fuss in der Sekunde, 202500 Kubikmeter erhalten würde.

Indistincte ist die Bewegung der Luft immer noch 2 Fuss in der Sekunde, bei stärkster (Hurican) geben ältere Beobachtungen die Windgeschwindigkeit auf 446,7

#### PETTENKOFER'S Methode der Kohlensäurebestimmung in der Luft.

Neben der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechend noch die Methode kennen, welche PETTENKOFER zur Bestimmung der Kohlensäure in der Zimmerluft, damit indirekt zur Bestimmung der Ventilation erfand.

Wir zuerst auf die letztere Aufgabe näher ein.

Es ist ein Weg gefunden worden, die Abnahme der Kohlensäure in ein kubisches Volumen der zufließende frische Luft zu verwandeln. Es ist offenbar, dass wir in der That die Grosse des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft und im Kohlensäuregehalt der zufließenden frischen Luft die Elemente der Rechnung suchen müssen. SEIDEL konstruirte eine mathematische Formel, nach welcher sich die zwischen dem Zeitraume zweier Kohlensäurebestimmungen zufließende Menge frischer Luft berechnen lässt. Der Rechnung liegt die richtige Annahme zu Grunde, dass die frische Luft sich beständig mit der Zimmerluft mische, und dass deshalb auch beständig eine Mischung von alter und neuer Zimmerluft verlaufe.

Man das Volum der Zimmerluft,  $p$  deren anfänglicher Kohlensäuregehalt pro mille, der Kohlensäuregehalt des Volums  $m$  nach einer bestimmten Zeit, ferner  $q$  der Kohlensäuregehalt der frischen Luft ist, so findet man das Volum frischer Luft  $y$ , welches einfließen musste, um den Kohlensäuregehalt des Volums  $m$  von  $p$  auf  $a$  zu erhöhen, in folgender Formel ausgedrückt:

$$y = 2,30258 \dots m \cdot \text{Log} \frac{p-a}{a-q}$$

bedeutet den tabulären Logarithmus, welcher als Differenz zweier Logarithmen wird:

$$\text{Log} \frac{p-a}{a-q} = \text{Log} (p-a) - \text{Log} (a-q)$$

In jeder Tabelle findet sich eine solche Beobachtung von PETTENKOFER zusammengefasst. Es ist angegeben, wie viel auf 1000 Kubikfuss Zimmerluft zwischen 2 Beobachtungen frische Luft sich beigemischt hat. Der Kohlensäuregehalt der frischen Luft kann stets pro mille angenommen werden.



Beobachtungs- zeit.		CO <sub>2</sub> Gehalt der Zimmerluft in 1000 Vol.	Berechneter Luftwechsel auf 1000 K.-F. Zimmerluft in Kubikfussen.	Temperatur		Luftwechsel auf 1000 K.-F. per Stunde Zimmerluft in Kubikfussen
Stunden.	Minuten.			im Zimmer.	im Freien.	
12	30	6,00	—	30	5	—
1	—	3,07	761	25	„	4522
1	30	2,04	512,4	24	„	1024,2

Um die Ventilation eines Raumes mittelst der Abnahme des Kohlensäuregehaltes zu bestimmen, verfährt man also so, dass man Kohlensäure in dem betreffenden Raume durch Aufgiessen einer Säure auf trockenes kohlensaures Natron entwickelt und die Luft mit einem grossen Fächer mischt. Nun bestimmt man die Kohlensäure nach der PETTENKOFER'schen Methode. Diese Bestimmung liefert das  $p$  der Formel. Nach etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde nimmt man eine neue Luftprobe auch in dieser den Kohlensäuregehalt =  $a$ .

Aus der sich ergebenden Abnahme an Kohlensäure kann man nun, wenn im Zimmer =  $m$  bekannt ist (aus der Multiplikation der Länge des Zimmers mit der Breite und Höhe desselben), nach der Formel von SEIDEL die Grösse der eingeströmten Luft messen;  $q$  wird immer = 0,5 angenommen.

Die Zumischung von Kohlensäure zu der Zimmerluft durch das Athmen der Probe zur Analyse Nehmenden kann vernachlässigt werden, besonders wenn die entwickelte Kohlensäuremenge =  $p$  (aus doppelt kohlensaurem Natron entwickelt) sehr klein ist.

Die eigentliche Methode der Kohlensäurebestimmung nach PETTENKOFER ruht, wie alle sonstigen, darauf, dass Alkalien die Kohlensäure begierig absorbiren. Man nimmt ein abgeschlossenes Volumen Luft in einer Flasche, z. B. mit Kalkwasser, oder besser mit Barytwasser längere Zeit schüttelt, so entsteht von dem sich entwickelnden Kohlensäure Baryte oder Kalke eine weisse Trübung der eingegossenen Flüssigkeit, welche vollständig kohlensäurefrei wird.

Hat man in einem dem eingegossenen Volum gleichen Volum des Wassers vorher durch eine Säure, am besten Oxalsäure, den Alkaligehalt bestimmt, so prüft man, wie viel Oxalsäure zugesetzt werden musste, bis die Flüssigkeit mit Kurkumapapier nicht mehr bräunte, also neutral reagirte, so wird nach dieser Bestimmung die Luft das nun theilweise mit Kohlensäure gesättigte gleiche Volum der sonstigen Luft weniger Oxalsäure zur Neutralisirung bedürfen.

Die Neutralisirung geschieht nach der Methode der Titrirung.

Man bereitet sich dazu zuerst eine normale Säurelösung, deren Gehalt man genau kennt, dass man ihn für jeden Theil eines Kubikcentimeters angegeben hat.

Man wiegt zu diesem Zwecke von reiner, krystallisirter, einige Stunden in einer Glocke gedeckt über concentrirter Schwefelsäure gestandener Oxalsäure, welche die Eigenschaft hat, trocken an der Luft weder Wasser anzuziehen noch abzugeben, ein gewisses Gewicht auf einer feinen chemischen Waage

2,8636 Gramm

ab und bringt sie in 1 Liter destillirtes Wasser von 13–16°C. Nach erfolgter Lösung ist die Säure zum Gebrauch fertig. Es entspricht nun genau 1 Kubikcentimeter dieser Säure ein Milligramm Kohlensäure, und wenn man weiss, wie viele Kubikcentimeter dieser Säure man zum Neutralisiren eines Barytwassers gebraucht, so weiss man, wie viele Milligramme Kohlensäure man dazu nothig gehabt hätte.

Zur Bereitung der Barytlösung wird Aetzbaryt in einer Flasche mit Wasser übergossen und lang und stark geschüttelt. Nach einigem Stehen hat er sich abgesetzt. Ist die Lösung wirklich mit Baryt gesättigt, so

die zum Gebrauch etwa auf das Dreifache. Man hat zweckmässig zwei verschiedene Barytlösungen, die eine starke, von welcher 30 Cem. etwa 90 Milligramm Kohlensäure zur Neutralisirung bedürfen, und eine schwache, von welcher 30 Cem. nur 30 Milligramm Kohlensäure entsprechen. Die letztere ist für die vorliegenden Bestimmungen am passendsten. Bei Ausführung der Bestimmung, wie viel Normalsäure zur Neutralisirung einer bestimmten Menge unserer Kalk- oder Barytlösung erforderlich ist, bedarf man nun noch anstehen Instrumenten.

ein Mohr'sche Burette mit Quetschhahn, deren Theilung circa 50 Kubikcentimeter fassend, und an der jeder Kubikcentimeter in 5 Theile getheilt ist, sodass man von 0,2 Kubikcentimeter zu 0,2 Kubikcentimeter fortschreitend die Säure in die alkalische Lösung ausfliessen lassen kann.

Zwei Saugpipetten, von welchen die eine genau 30 Kubikcentimeter aus einer Flüssigkeit herauszusaugen erlaubt, die andere 45 Cem. Man verwendet 45 Cem. Barytlösung zur Absorption und titirt davon 30 Cem. nach und rechnet dann auf 45 Cem.

mehrere Medicingläschen von circa 3 Unzen = 90 Kubikcentimeter Inhalt.

einen langen Glasstab.

Die Bestimmung hebt man mit der Saugpipette 30 Cem. Kalkwasser oder Barytwasser ab und lässt sie in eines der Medicingläschen fliessen.

Die Burette, die in einem Buretenständer befestigt ist, hat man schon vorher bis zum Nullpunkt mit Theilstrichen (0 Cem.) mit der Normalsäure gefüllt. Nun lässt man durch Oeffnen des Quetschhahnes von der Säure in das Kalk- oder Barytwasser fliessen. (30 Cem. gesättigtes Kalkwasser erfordern zwischen 34—39 Kubikcentimeter der Oxalsäurelösung; bei Barytwasser ist es gut, sich eine ähnliche starke Lösung durch zweckmässiges Verdünnen einer concentrirten Lösung herzustellen.) Man nähert sich sehr vorsichtig dem Punkte (indem man in seiner Nähe nur von Zehntel zu Zehntel Säure zufließen lässt und immer wieder auf blaue Papiere prüft), an welchem die alkalische Reaction verschwindet, ohne dass eine saure aufgetreten wäre. Bevor man einen Tropfen zur Prüfung auf die Reaction nimmt, muss die Flüssigkeit natürlich gut geschüttelt werden. Man verschliesst dazu mit dem Daumen die Oeffnung des Gläschens und schüttelt stark; der Daumen wird dann am Rande des Gläschens rein gestrichen, sodass die anhaftende Flüssigkeit in das Gläschen fliessen kann.

Die Reaktionsprüfung geschieht so, dass man mit einem reinen Glasstab einen Tropfen der Flüssigkeit herausnimmt und auf empfindliches Kurkumapapier bringt. Im Umkreise des Tropfens färbt sich das Papier braun, es entsteht ein mehr oder weniger deutlich rothbrauner Ring, so lange die alkalische Reaction noch vorhanden ist. An der Grenze der Neutralisirung bedarf es einiger Aufmerksamkeit und Uebung, um zu entscheiden, ob nun eben eine braunliche Färbung mehr sichtbar ist.

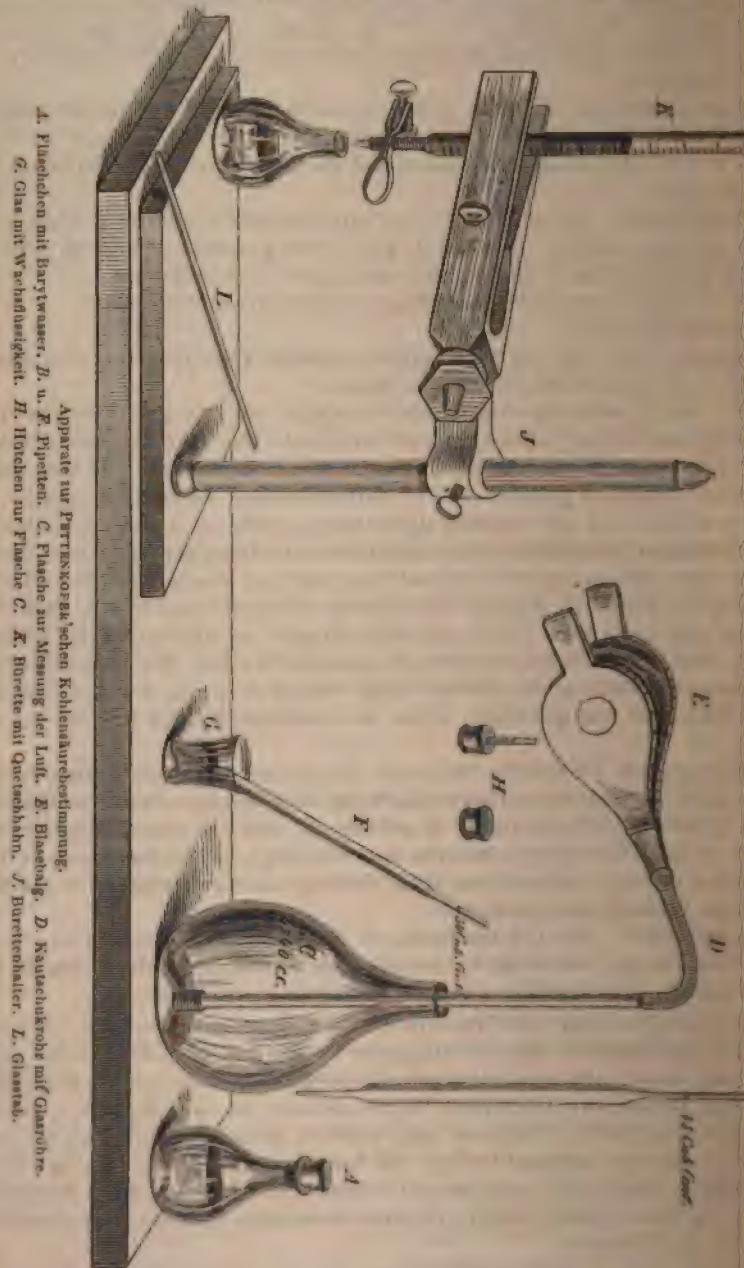
Um die Kohlensäure in der Luft mit Sicherheit zu bestimmen, genügen 6 Liter selbst aus dem Freien, welche nur 0,5 Vol. pro mille Kohlensäure enthält. Für die Bestimmung in stark bewohnten Räumen genügen als Versuchsmenge 3 Liter Luft.

Man wählt dazu Glaskolben oder Wasserflaschen mit einem so weiten Halse, dass eine 45 Kubikcentimeter fassende Saugpipette bequem hineingehalten werden kann. Der oberste Rand des Halses wird am besten horizontal abgeschliffen und der Rauminhalt der Flasche durch Ausmessen mit destillirtem Wasser, das man aus einem Messgefäss, welches in Kubikcentimeter getheilt ist, einfliessen lässt, möglichst genau bestimmt. Auch die Temperatur des Wassers muss bestimmt werden. Die Kalibrirung der Flasche kann auch durch Wägung geschehen, indem man zuerst die ganz trockene Flasche leer, dann mit destillirtem Wasser bis an den Rand gefüllt, abwägt. Die Gewichtszunahme giebt mit Berücksichtigung der Temperatur das Volum an.

Für die Füllung der Flasche mit Luft bedient man sich eines kleinen Handblasbalges, an dessen Ausblaserohr man ein Kautschukrohr angestockt hat, das bis auf den Grund der Flasche reicht. Ein kleiner Blasebalg fördert durch einen Stoss etwa  $\frac{1}{3}$  Liter Luft; um die



Flasche mit der zu untersuchenden Luft anzufüllen, muss man bei 4 Liter 60 mal einblasen, bei 3 Liter Inhalt also 30 mal. Wenn dieses geschehen man mit einer Saugpipette, die man ziemlich tief in die Flasche halt, 45 K



Apparate zur FARTENKOPPEL neben Kohlenabsorption.  
 A. Flaschen mit Barytwasser, B. u. F. Pipetten, C. Flasche zur Messung der Luft, D. Blasehals, E. Kautschukrohr mit Glasrohr,  
 G. Glas mit Wachseigenschaft, H. Hönchen zur Flasche C, K. Burette mit Quecksilber, J. Burettehalter, L. Glasstab.

Kalk- oder Barytwasser in die Flasche und verschliesst luftdicht, am einfachen anschliessenden Kautschukkappe. Man liest nun Thermometer- und Barom

in der Flasche eingeschlossene Luftvolum (welches selbstverständlich nach dem von 45 Cem. Barytwasser um dieses Volum kleiner ist als die Zahl der Kubikmeter, die auf der Flasche stehen) auf 0<sup>o</sup> und 760 Millimeter Barometerstand reduciren. Nun bringt man die Flasche in eine fast horizontale Lage und schwenkt sie so, dass Barytwasser den grössten Theil der Wandungen des Glases benetzt. Diese Bewegung wiederholt man zeitweise. Bei schlecht ventilirten Räumen genügt 1/2 Stunde, für den Freien 2 Stunden, um alle Kohlensäure zu absorbiren.

Die Absorption der Kohlensäure beendigt, was man durch fleissiges Schwenken der Flasche beschleunigen kann, so wird durch Titriren mit der nämlichen Säure, mit welcher man Alkaligehalt der 30 Kubikcentimeter der frischen Lösung ermittelt hat, auch die Normalität von 30 Cem. des zur Absorption der Kohlensäure verwendeten Barytwassers ermittelt. Zu diesem Behufe giesst man dasselbe aus der Flasche in ein enges Becherglas. Denjenigen, was an den Wänden der Flasche hängen bleibt, nicht sammeln zu müssen, sondern man zur Absorption 45 Cem. an, und misst von diesen 30 Cem. ab, die man genau auf gleiche Weise in einem Medicinfläschchen neutralisirt, wie dieses oben beschrieben. Wir werden dazu aber um einige Kubikcentimeter weniger Normalsäure verwenden als für die frische alkalische Lösung, da in dieser ja nun einig Kalk oder Baryt vorhanden ist. Jeder Cem. Säure, den wir nach der Absorption weniger Kohlensäure neutralisirt ist. Jeder Cem. Säure, den wir nach der Absorption weniger Kohlensäure neutralisirt sind, entspricht 4 Milligramm Baryt, an den Kohlensäure gebunden hat. Aus der Bestimmung an den 30 Cem. rechnet man auf die 45 zur Absorption verwendeten, indem man einfach die Hälfte der in 30 Cem. gefundenen Kohlensäure zuaddirt.

### Apparate zur Bestimmung der Respirations-Ausscheidung.

Um die Athemluft zu bestimmen, athmete man nach dem Vorgang von VIERORDT in eine wasser gefüllte, graduirte Glocke. Sie hatte an der Spitze einen Hahn, um einen Versuch in sie eingeblasenen Gase, welche an der Eintheilung der Glocke dem Volum nach gemessen waren, in ein Eudiometer zur Analyse treten zu lassen.

Für denselben Zwecke kann das HUTCHINSON'sche Spirometer verwendet werden.

Ich habe gearbeitet mit einem von C. VONN zusammengestellten Apparate.

Bestand 1) aus den MÜLLER'schen Wasserventilen, welche die inspirirte und expirirte Luft voneinander isolirten; 2) aus einer geachteten doppelhalsigen Flasche, in welcher die zu untersuchende Luft aufgefangen wurde; und 3) aus der die gesammte expirirte Luft messenden Gasuhr.

Die Wasserventile mündeten zwei in ein zinnernes Mundstück auslaufende weite Gummischläuche, an diesen waren zum Auffangen des Speichels noch T-förmig gebogene Glasröhren eingeschaltet.

Eine ungefähr 2 Liter fassende doppelhalsige Flasche stand durch zwei genau gearbeitete Hähne auf der einen Seite mit dem einen Wasserventil, auf der andern mit der Gasuhr in Verbindung. Die beiden messingnen Ansatzstücke wurden durch Mutter-schrauben auf der Flasche luftdicht befestigt und konnten leicht abgenommen werden.

Zum raschen Wechsel und zur öfteren Probenahme standen drei solche Flaschen, die gleichen Hähne aufgeschraubt werden konnten, zur Verfügung. Der gegen 1) zugerichtete Hahn der geachteten Flasche lief in eine bis nahe an den Boden der Flasche reichende Glasröhre aus. Die Ausathemluft musste daher von unten nach oben in der Flasche streichen, wodurch eine gleichmässige Mischung der Luft erreicht wurde. Der Hahn hing von einem Haken ein in 1/10<sup>o</sup> getheiltes Thermometer in den Raum zwischen der Flasche herab, dessen Quecksilberbestand von aussen mehrmals während eines Versuchs abgelesen wurde. Die Temperatur der durch die Gasuhr gehenden Luft konnte durch ein eingestelltes Thermometer bestimmt werden. Auch die Zimmertemperatur und der Luftdruck wurden notirt.



Alle Glas- und Kautschukröhren und die Bohrungen der Hähne des Apparats zur Athmung möglichst wenig zu beeinträchtigen, einen Durchmesser von 15 Millim.

Beim Beginn des Versuchs wurde das Mundstück zwischen Lippen genommen, die Nase mit einer Nasenzwinge verschlossen und nun geathmet. Die Luft trat durch ein eben unter Wasser mündendes Glasrohr in das erste M. V. dieser Ventile besteht aus einem luftdicht verschlossenen Glase, durch das Röhren führen. Die eine längere mündet, wie gesagt, unter Wasser, sodass die Luft eine kleine Wassersäule durchsetzen muss, um in das Ventil zu gelangen. Die kürzere Röhre mündet kurz unter dem Deckel und ist dazu bestimmt, die durch eingeströmte Luft aus dem Ventil wieder weiter zu leiten.

Die erst genannte längere Röhre mündet ausserhalb des Ventils frei in die Luft, wird die Luft eingesogen. Die kurze Röhre stand mit dem Mundstück durch einen Kautschukschlauch in Verbindung. Auf diesem Wege gelangte die Luft in den Mund.

Die ausgeathmete Luft strömte in ein gleiches Ventil, dessen längere Röhre ebenfalls unter Wasser mündete, durch das zweite Kautschukrohr verbunden war, ein. Die kürzere Röhre mündete in einen Schlauch mit der gezeichneten Flasche, diese mit der Gasuhr verbunden, gestatten, wie die Anschauung ergibt, der Luft den Durchgang nur in der einen Richtung.

Die Kohlensäure in der Flasche wurde nach der PETTENKOPF'schen Methode bestimmt.

Der Apparat ist so einfach, dass er sich zur Bestimmung der Athmung für Zwecke gut eignet.

Man athmet leicht eine bestimmte Zeit, 15 Minuten bis 1 Stunde, durch den Apparat. An der Gasuhr kann die Gesamtmenge der geathmeten Luft bestimmt werden. Der Kohlensäuregehalt sich aus der Probe der Luft in der gezeichneten Flasche berechnen lässt. Verständlich muss in der Zimmerluft die Kohlensäure (nach der PETTENKOPF'schen Methode) gleichzeitig bestimmt werden, um die Kohlensäure in der eingeathmeten Luft abziehen zu können.

Die Luftvolumina werden auf 0° und 760 Millimeter Barometerstand. Die Luft ist schon durch die Ventile mit Wasser gesättigt.

Um die Gesamtgasausscheidung des Körpers für längere Zeiten (z. B. 1 Stunde) zu bestimmen, diente früher der Apparat von REGNAULT und REISER, jetzt der von PETTENKOPF. Beide sind zu complicirt und kostspielig, als dass sie wo anders als in den bestdotirten physiologischen Instituten in Thätigkeit versetzt werden könnten.

Der erstere besteht aus einem luftdicht verschlossenen Kasten, in welchem ein Versuchsthiere sich befindet. Die ausgeathmete Kohlensäure wird beständig abgeführt, dafür reiner Sauerstoff zu.

Der PETTENKOPF'sche Apparat ist nach dem Principe der Ofenventile, wie man sie in einem für die Aufnahme eines Menschen berechneten Salon mit mehreren Personen findet, eine Dampfmaschine die Luft mit der erforderlichen Geschwindigkeit aus dem Salon strömt, und von da in die Abzugsröhre entweichen kann. Die Luft macht diesen Weg ebenso, wie aus einem geheizten Ofen bei richtigem Betrieb das Kamin die Luft entweichen darf. Die gesammte, den Salon durchströmte Luft wird durch eine grosse Gasuhr gezogen und gemessen, nachdem sie vorher durch einen Wassertank gestrichen ist, um mit Wasserdampf gesättigt zu werden, und ihre Temperatur constant zu halten.

Ein bestimmter in einer kleinen Gasuhr zu messender Bruchtheil der Luft wird durch Röhren mit Barytwasser gepresst und giebt hier seine Kohlensäure nach PETTENKOPF durch Titer bestimmt werden kann. Vorher wurde sie durch eine Schwefelsäure geleitet, um ihr das Wasser zur Gewichtsbestimmung demselben zu entziehen. Von dem Kohlensäure- und Wassergehalt in der direkt untersuchten Luft der Kohlensäuregehalt der Gesamtluft gerechnet.

Natürlich muss auch hier der Kohlensäuregehalt der eingeströmten Luft gleichzeitig bestimmt werden.

## Funfzehntes Kapitel.

### Die Nieren und der Harn.

#### Der Harn.

die Lungen für die Ausscheidung des gasförmigen Wassers und der re ist die Niere für die Entfernung des tropfbarflüssigen Wassers festen, löslichen Auswurfstoffe des Organismus eingerichtet. In ihr tut in die physikalischen Bedingungen versetzt, unter denen es die dem Umsatz der Gewebe beigemischten, krystallisirbaren und leicht ren Stoffe, welche zum grossen Theil für den Organismus ebensoohlensäure Gifte sind, abgeben kann. Sistiren der Nierenthätigkeit die Sistirung der Lungenthätigkeit wegen der mangelnden »Engf-Blutes zum Tode. Auch bei den Nieren finden wir Hülfsorgane v Ausscheidung unterstützen und zum Theil übernehmen können. Es ben, denen wir als Hülfsorgane bei der Lungenathmung begegneten: Darm.

Alle, die im Harn den Organismus verlassen, sind theilweise wahre am Theil sind sie überschüssig als Nahrungsstoffe in den Organismus und verfallen nur durch die Wirkung der in den Nieren gegebenen en Bedingungen der Ausscheidung: es sind diese das Wasser, ein Theil und die geringe im Harn enthaltene Sauerstoffmenge. Das Wasser wird lungsmittel der Harnbestandtheile auch dann noch, aber in vermin-ze, in den Nieren abgegeben, wenn es nicht überreichlich zugeführt dritter Antheil der Stoffe im Harn entstammt direkt den in den Nieren enden Stoffumsetzungen. Gewisse mit der Nahrung eingeführte Stoffe massig und vollkommen in den Harn über und verändern auf kürzere re Zeit seine chemische Zusammensetzung.

Harn ist nach dem Gesagten eine sehr zusammengesetzte Flüssigkeit. ür die Zusammensetzung als die normale an, die er zeigt bei gewöhn-mischer Kost oder in den ersten Tagen, wenn dem Körper alle Nahrung st und er nur von seinen Organbestandtheilen zehrt, so sind als nor-madtheile des Harns aufzuzählen: vor allem Wasser (500—2000 Gramm besonders je nach der Menge des Getränks schwankend, und in diesem hauptbestandtheil Harnstoff (im Tage zwischen 30—40 Gramm), in



weit kleineren, wechselnden Mengen (meist unter 1 Gramm im Tag und Kreatinin, Harnsäure, Hippursäure, Farbstoffe, sehr geringe Mengen von Zucker, Fetten (?) und Ammoniak und chemisch noch nicht bestimmte Extraktivstoffe; dazu dann die Salze des Blutes, mit den Basen Kali, Kalk, Magnesia, gebunden an Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure; auch Gase finden sich im Harn gelöst: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure. Die Reaktion des frischen Harnes ist meist deutlich sauer, von saurem phosphorsauerem Kali und Natron herrührend, dabei zeigt eine hellere oder dunklere gelbliche Farbe und einen eigenthümlichen, mit der Nahrung wechselnden Geruch. Gewöhnlich ist das Schleimdrüsen der Harnwege etwas Schleim beigemischt, der sich ab in dem stehenden Harn absetzt. Specifische Formelemente fehlen ihm; das Mikroskop findet nur zufällige Beimischungen auf: abgestossene Blutzellen, im Schleime Schleimkörperchen, nach Samenentleerungen Samen bei menstruierenden Frauen Blutkörperchen. Der wechselnden Zusammensetzung entsprechen auch ziemlich bedeutende Schwankungen des specifischen Gewichts normal etwa zwischen 1005 und 1030, das Gewicht des Wassers = 1000.

### Die Nieren und Harnwege.

Die Organe für die Harnausscheidung bestehen aus den Nieren, den Drüsen der beiden Nieren und den Harnwegen: den Harnleitern, den Harnblase und Harnröhre.

Fig. 433.



Ein Schnitt aus der Mitte der Niere eines Kindes. a. Ureter, b. Nierenbecken, c. Nierenkelche, d. Papillen, e. Malpighische Pyramiden, f. Ferriarische Pyramiden, g. Septa Bertini, h. äussere Theile der Rindensubstanz.

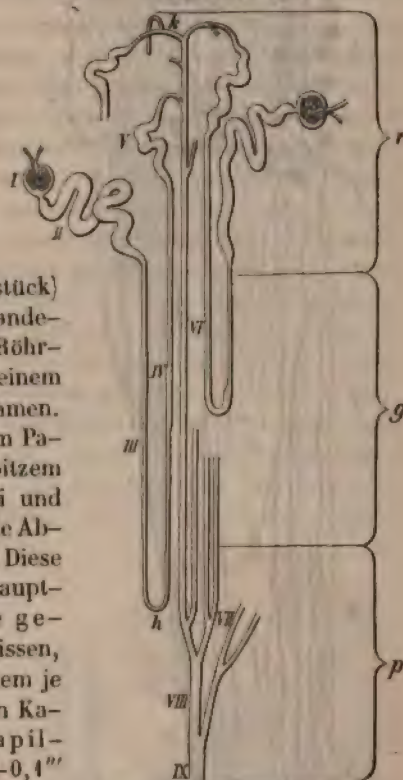
Die Nieren liegen in lockeres, fetthaltiges Bindegewebe eingebettet; die eigentliche Drüsensubstanz wird von einer Kapsel umschlossen; der Tumor besteht aus Bindegewebe mit elastischen Fasern bestehend. Schon mit freiem Auge lässt sich die Drüsensubstanz in zwei gesonderten Theilen zerfallen, in Mark- und Rinde. Die erstere ragt mit 8—15 grösseren oder kleineren kegelförmig sich zuspitzenden Warzen: den Malpighischen Pyramiden in das Nierenbecken. Die Rinde bildet den von dem Hilus abgetrennten Theil der Oberfläche des Organs; sie besteht aus einer zwischen die Pyramiden, diese voneinander trennend, in schmaler Schichte als 1 Linien dicken Säulen, Columnae BERTINI fort. Für jede Pyramide gehört zu jeder Pyramide ein Abschnitt der Rinde, auch das Mikroskop und die Entwicklungsgeschichte weisen die Zusammengehörigkeit nach, sodass, auch wenn zwei Nieren abgeschnitten sich nicht wie bei anderen Organen mit lappigem Baue Bindegewebe zwischenfinden, die Niere doch aus so vielen

gehörigen Lappen zusammengesetzt erscheint, als sie Pyramiden besitzt.

Die Rinden- als die Marksubstanz bestehen im wesentlichen aus und aus engeren und weiteren cylindrischen, röhrenförmigen Drüsen, den Harnkanälchen, Tubuli uriniferi, welche im Mitteldurchmesser 0,016—0,03 mm messen. Sie beginnen in der Rindensubstanz mit zelligen Ausbuchtungen, die im Innern je einen Gefässknäuel bergen; das sind die sogenannten MALPIGHI'schen Körperchen oder Kapseln, welche 0,1 mm messen und mit einer verengten Stelle in ihr Harnkanälchen.

In der Rindensubstanz verlaufen die Harnkanälchen anfangs als sogenannte Harnkanälchen, Tubuli, gegen die Grenze des Markes, wo sie sich verengern, verengt sich jedes Röhrchen allmählich als eine gestreckte verengte Kanalschleife (HENLE) in der Rinde, erhebt sich wieder zur Rinde und fällt dort wieder zu dem Lumen des Kanälchens an (Schaltstück) in einem konvexen Bogen mit anderen Kanälchen, die demselben Orte zustrebenden Röhrchen, die sich zu einem Sammelnädel (Sammelrohr) zusammenfügen. Ihre Verläufe verlaufen gestreckt bis zum Papillarkanal, wo sie sich unter spitzem Winkel zu anderen Sammelnädeln je zwei und drei vereinigen (C. LUDWIG). Die beistehende Abbildung zeigt diesen Verlauf anschaulich. Diese Kanäle sind die Hauptkanäle, Tubuli recti, heissen, die unter spitzem Winkel von neuem je zwei oder mehreren zu immer weiteren Kanälen sich vereinigen, bis sie schliesslich auf 200—300 Papillarductus papillares, 0,024—0,1 mm Durchmesser, zusammengeschmolzen an der Papille enden (Fig. 134). Verfolgen wir, um die Verhältnisse ganz klar zu machen, die Ductus im umgekehrten Gange noch einmal nach, so sehen wir sie durch fortgesetzte Theilung, wobei die Röhrenzweige abnehmen, in ein Bündel feiner Kanäle übergehen, die von der Papille her in das Rindengewebe ausstrahlen und als Pyramiden beschrieben werden. Jedes Kanälchen verläuft gemeinschaftlich auf, und seine Röhrenzweige tauschen, wenn sie den gestreckten Verlauf verlassen, stets

Fig. 134.



Schematische Darstellung des Verlaufes der Harnkanälchen; Menschennieren. p Papillarschicht, g Grenzschicht des Markes, r Rinde. Kapsel des glomerulus I, der durch den Hals in das bogig gewundene Kanaltück II übergeht. Dieses spitzt sich an der Mark-Rindengrenze in den absteigenden Schlingenschleife III zu, und geht als solcher durch HENLE's Schleife (h) in den aufsteigenden Schlingenschleife IV über. An diesen schliesst sich das Schaltstück V, welches durch den äusseren Bogen an die Krone (k) des Sammelrohrs VI übergeht. Das Sammelrohr verbindet sich mit den benachbarten desselben Markstrahls VII zum Hauptrohr VIII und diese endlich mit anderen Hauptrohren zum ductus papillaris IX.



noch eine, wenn auch nicht vollständig abgegrenzte, durch die ganze durch zu verfolgende säulenförmige Masse, Fasciculus corticalis, 1

Fig. 135.



senkrechter Schnitt durch einen Theil einer Pyramide und der dazu gehörenden Rindensubstanz einer eingespritzten Kaninchenniere. Halbschematische Figur. Vergr. 30. Links sind die Gefässe, rechts der Verlauf der Harnkanälchen dargestellt. a. Arteriae interlobulares mit den Glomeruli Malpighiani b. und ihren Vasa efferentia, c. Vasa efferentia, d. Kapillaren der Rinde, e. Vasa efferentia der äussersten Körperchen in die Kapillaren der Nierenoberfläche übergehend, f. Vasa efferentia der inneren Glomeruli in die Arteriolae rectae g. sich fortsetzend, h. Kapillaren der Pyramiden aus den letzteren sich bildend, i. eine Venula recta an der Papille beginnend, k. Ductus papillaris oder Anfang eines geraden Harnkanälchens an der Papille, l. Theilungen desselben, m. gewundene Kanälchen in der Rinde nicht in ihrem ganzen Verlaufe dargestellt, n. dieselben an der Nierenoberfläche, o. Fortsetzung derselben in die geraden Kanälchen der Rinde, p. Verbindung derselben mit MALPIGHI'schen Kapseln.

Pyramide. C. LUDWIG nennt die Bildung je eines Hauptrohrs (Bildung 134) Primitivkegel, sie allen Höhen der Rinde mit solchen Kapseln umgeben, in welchen gewundenen Kanälchen einzeln um das andere verläuft aus dem förmigen Knäuel nach aussen seinem MALPIGHI'schen Körper sammentreffen. In der Mitte der Bündel verlaufen die Kanäle mehr oder weniger gestreckt; nun seitlich zu den MALPIGHI'schen Körperchen wenden, so biegen sie schlingenförmig nach unten in die Substanz aus, steigen wiederwärts und senken sich in je eines Körperchen ein (KOLLER).

Die Harnkanälchen bestehen aus einer Membrana propria, die einem Epithel ausgekleidet ist. Die Hüllungshaut erscheint meist einschichtig. Die einschichtigen Epithelzellen sind nach den verschiedenen Theilen der Harnkanälchen verschiedener scharfbegrenzte Gestalt der Kanäle ist überall gleich. In den gewundenen Kanälchen (auch im geraden) sind die Zellgrenzen und Zellkerne scheinbar in eine zusammenhängende Masse eingebettet, die sich in unregelmässige Spalten. Das Protoplasma des Epithels ist reich an Fetttropfen. In den geraden Kanälen an den Grenzen der Spalten liegen nachgiebig über den erweiterten Grenzen der Spalten. Die Tubuli recti haben Cylinderepithel. Die Ductus papillares haben Epithelmembran mehr (LUDWIG).

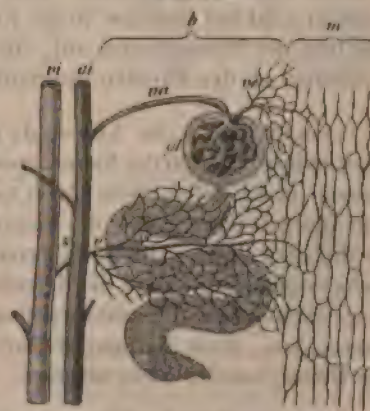
Kugelige, meist scharfbegrenzte Zellen finden sich auch in den geraden Kanälen. Die Zellen

ssknäuel in der Kapsel auch an der Stelle, wo sich diese der Höhlung zuwenden.

Wird bemerkt, dass, nachdem die kleinen Arterien zu einem reichen Netze von Gefässen in den MALPIGH'schen Kapseln zerfielen, sie wieder zu Gefässen in ihrer Dignität und wohl wenigstens zum Theile im Baue nach Arterien, die erst im weiteren Verlaufe sich zu eigentlichen Venen auflösen, aus denen die wahren Venen hervorgehen.

Die Nierenarterie zerfällt im Nierenbecken in ihre Zweige, welche in die zwischen den MALPIGH'schen Pyramiden gelegenen Corticalsäulen (Columnae) eintreten und sich in zierlicher Weise im Umfange der Pyramiden verästeln. Aus dem Theile dieser Verästelung, der an die Rindensubstanz angrenzt, gehen regelmässig, fast rechtwinkelig Aestchen ab, die sich noch weiter theilen in feine Zweige ( $0,06-0,1''$ ) verlaufen zwischen den beschriebenen Bündeln der Rindensubstanz, geraden Wegs nach aussen: man nennt sie nach KÖLLIKER als Arteriae interlobulares. Sie tragen wie die MALPIGH'schen Knäuel, in deren Bildung sie meist ganz aufgehen. Jede Interlobulararterie giebt in ihrer ganzen Länge ganz feine Zweige an den Seiten ab, die trotz ihrer Feinheit ( $0,008-0,02''$ ) noch den Bau der Arterien haben, und löst sich endlich durch diese Zweigabgabe ganz auf. Diese Arterienzweige gelangen, nachdem sie manchmal vorher noch einen kleinen Kapillaren sich auflösenden Zweig abgegeben, an die MALPIGH'schen Kapseln heran, treten in deren Hüllmembran ein, um sich in den beschriebenen Knäueln in feine Gefässchen aufzulösen. In Beziehung auf die MALPIGH'schen Körperchen wird das Blut zuführende Gefäss als Vas afferens bezeichnet. Spaltet sich nach seinem Eintritt in die Kapsel in acht Aeste, welche in einen Büschel von Gefässchen zerfallen, die in vielfachen Verzweigungen, ohne sich netzförmig zu verbinden, endlich in der Kapsel, wie sie sich theilten, wieder zu einfachen Stämmchen, dem Vas efferens, vereinigen. In der grossen Mehrzahl der Fälle treten die zu- und abführenden Gefässe an derselben Stelle in die Kapsel ein oder heraus, und zwar meistens gegen den Ursprung des Harnkanälchens (Fig. 136). Die Vasa efferentia sind noch keine Arterien, die erst im weiteren Verlaufe zu Arterien bilden, nach C. LUDWIG manchmal die arterielle Muskelringhaut. Die Vasa efferentia erscheinen meist etwas anders als die Vasa afferentia. In der nächsten Distanz spalten sich die Vasa efferentia in einen reichlichen Verlauf in ein reiches Netz von Kapillaren, dessen rundliche oder ovale Maschen die gewundenen Harnkanälchen rings umspinnen. Anders als das

Fig. 136.



Verlauf der Blutgefässe im Körper der Rinde (Schematisch). Raum des Markstrahls, m. Raum der bogig gewundenen Gänge b, ai Arteria interlobularis, vi Vena interlobularis, ca vas afferens glomeruli, ve vas efferens glomeruli. ve Venenzweig der Interlobularvene.



oben beschriebene Verhalten der Rindengefässe ist das der Markgefässe. Die *Arteriolae rectae* der Rinde unterscheiden sich von den *Arteriolae rectae* der Marksubstanz durch die *Arteriolae rectae* der Rinde meist weiter als die oben beschriebenen und senken sich zwischen den Harnkanälchen in langgestrecktem, geradlinigem Verlaufe ein und sind als *Arteriolae rectae* bezeichnet. Sie verästeln sich, bevor sie die Papillen erreichen, spitzwinkelig, sodass sie den Verlauf der gestreckten Harnkanälchen nachahmen. Die Kapillaren, die sie bilden, stammen von den *Arteriolae rectae* abgehenden feinen Zweigen und bilden ein wenig dichtes Netz lang rechtwinkliger Maschen. An der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz hängt das reichliche rundlich-eckige Maschennetz der gewundenen Harnkanälchen direkt mit diesem rechtwinkligen sparsamen Netze zusammen. Ein Ast der *A. rectae* geht auch aus denselben Aesten der Nierenarterie hervor, aus den *A. interlobulares* entspringen. Man erkennt sie an ihrer Muskeleingehülltheit. Der beträchtliche Mangel an Kapillaren an den gestreckten Kanälchen spricht dafür, dass der Hauptverkehr mit dem Blute neben den MALPIGH'schen Körpern an den gewundenen Kanälchen zukommt.

**Die Venen.** An der Oberfläche der Niere entstehen durch das Zusammenfließen der zwischen den neben einander liegenden Nierenläppchen (FERRIER'schen Lappen) verlaufenden kleinen Venenwurzeln sternförmige Figuren: die *stellulae Verheyneii*. Die daraus hervorgehenden Stämmchen senken sich zwischen den Lappen in die Tiefe und werden zu den Interlobulararterien, nehmen die ihnen begegnenden kleineren Äste an, die im Innern der Rinde in sich auf und vergrössern sich dadurch. Sie vereinigen sich unter meist spitzem Winkel mit anderen Venen zusammen und werden zu den grösseren Venen der Pyramiden, und zwar so, dass jede Arterie von einer Vene begleitet wird. Alle Nierenvenen sind klappenlos. Ebe so verhalten sich die Arterien und auf dieselbe Weise wie diese die Nieren verlassen, nehmen sie auch das Blut der Papillarvenen auf, die in zierlichem Netze die Öffnungen der Harnkanälchen an den Papillen umspinnen.

Ausser diesen der Absonderung dienenden Gefässen besitzt die Niere noch andere, die von der Nierenarterie, ehe sie in den Hilus eintritt, von der Lenden- und Lendenarterie sowie von der A. phrenica abgegeben werden. Wie angegeben wird, nur die Nierenhüllen versorgen, oder ob sie auch in ähnlicher Weise selbständig ernähren wie die Ernährungsgefässe der Marksubstanz, ist nicht entschieden. Dass die Arterien, welche der Absonderung vorstehen, diess auch noch zur Ernährung des Organes dienen können, scheint mir vorzuziehen, dass die Interlobulararterien hier und da auch noch feine Äste an die Hüllorgane der Niere abgeben.

**Die Saugadern** der Niere konnte KÖLLIKER bis zu den Interlobulararterien verfolgen. Die grösseren Stämmchen verlaufen mit den grösseren Blutgefässen. Im Hilus vereinigen sie sich zu einigen Stämmchen, nehmen noch die Lymphgefässe aus dem Nierenbecken auf, und laufen zu den Lendenlymphdrüsen. Wie und ZAWARYKIN verlaufen die reichlichen parenchymatösen Lymphgefässe in den Interstitien des unter der Kapsel befindlichen Bindegewebes. Sie stellen die Lymphgefässe der Kapsel in Verbindung und dringen zwischen

en herein. Die aus der Rinde begleitenden Lymphgefässe verfolgen gegen-  
über zu die Bahn der Blutgefässe. Erst am Hilus erhalten sie Klappen.

**Nerven** der Niere sind noch nicht weiter als bis zu den Interlobularge-  
fässen verfolgt worden. Sie stammen vom Plexus coeliacus des Sympathicus und  
gehen die Arterie in einem ziemlich dichten Geflechte. Noch im Hilus finden  
sich ihnen einige (gangliöse) Knötchen. Die Niere hat nachgewiesenermaassen  
Längsnerven, welche die Weite der Blutgefässe beeinflussen.

Zwischen die bisher beschriebenen Gewebelemente der Niere tritt noch  
Substanz ein, die aus einem mehr oder weniger dichten Bindegewebs-  
gerüstnetz meist ohne fibrilläre Zwischensubstanz besteht. Die Zellen stehen  
in der Längsaxe ihrer Kerne senkrecht auf die Längsaxe der Harnkanäle. Zwi-  
schen den Röhren des Marks findet sich, gegen die Papillen zu an Masse zuneh-  
mend, streifiges Bindegewebe.

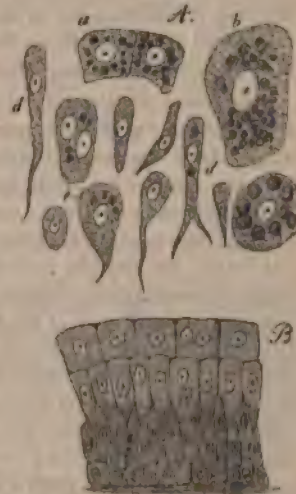
Im **Bau der harnleitenden Organe** haben wir von physiologischer Seite nur wenig zu  
sagen. Harnleiter, Nierenbecken und Nierenkelche bestehen alle aus drei Schichten, zu-  
nächst eine Schleimhaut, dann eine Lage von organischen Muskeln, zuletzt eine äussere  
Haut, die aus Bindegewebe mit elastischen Fasern besteht und direkt mit der Nieren-  
kapsel zusammenhängt. Die inneren Fasern der Muskelschicht verlaufen längsgerichtet, die  
äusseren quer. An den Nierenkelchen verdünnt sich die  
Muskelschicht mehr und mehr und endet an den Papillen.

Der Ureter kommt etwa von der Mitte an eine dritte  
Schicht, auch langlaufende Muskelfaserschicht hinzu.  
Die Schleimhaut ist zwar reich an Gefässen, besitzt  
keine Drüsen oder Papillen, auf den Nierenpapillen  
ist sie sehr fein. Das Epithel ist geschichtet. Die  
oberste Zellschicht ist rundlich, die mittlere mehr ge-  
walzenförmig, an der Oberfläche sind die Zellen  
vielfach vieleckig, gross, plattgedrückt. Häufig haben  
sie Kerne, daneben auch noch andere kernartige Ge-  
bilde (Fig. 437).

Der Harnblase kommt nun noch der Bauchfell-  
schicht zu den bisher beschriebenen Lagen hinzu. Die  
Muskelschicht besteht wie die bisher beschrie-  
bene ausserst aus einer Längsfaserschicht, deren  
Fasern in regelmässiger Weise neben einander verlaufen,  
vor der Urina. Unter dieser liegt eine Schicht  
aus elastischen Fasern, deren Bündel weniger vollständig  
zusammenhängen. Am Blasenhalse vereinigen sich diese  
zu einer starken Ringsfaserschicht: Sphincter  
verus. Ein reichliches, bindegewebiges Unterschleim-  
gewebe verbindet die Blasenschleimhaut mit  
den anderen genannten Schichten. Sie bildet in der leeren  
Blase Falten, die bei der Füllung verstreichen. Sie  
ist, ohne Zotten, ihr geschichtetes Epithel ist dem der  
Harnwege ganz ähnlich: oben mehr platte rund-  
liche und zackige (geschwänzte) Zellen, in der Tiefe  
höckerförmige. Im Blasenhalse und Blasengrunde finden sich Schleimdrüsen, entweder  
birnförmige Schläuche oder auch verästelt, traubig mit Cyli-  
nderepithel.

Die **Harnröhre des Weibes** hat eine Muskellage und Schleimhaut ganz von dem

Fig. 437.



Epithel des Pelvis rectalis vom Men-  
schen, 350mal vergr. A. Zellen dessel-  
ben für sich. B. Dieselben in situ.  
a, kleine, b, grosse Plattenzellen, c, eben  
solche mit kernartigen Körpern im In-  
nern, d, walzen- und kegelförmige Zel-  
len aus den tieferen Lagen, e, Ueber-  
gangsformen.



beschriebenen Bau. Die Schleimdrüsen (LITTAE'schen Drüsen) sind meist etwas als in der Blase und sondern ziemlich reichlich Schleim ab.

Die männliche Harnröhre besitzt dagegen ein geschichtetes Cylindrum, die unteren Schichten bestehen aus runden oder ovalen Zellen. Die vordere LITTAE'sche Grube besitzt Papillen und Pflasterepithel. Auch hier finden sich Drüsen: schlauchförmig, gabelig getheilt, gewunden, Schleim absondernd.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Urnieren. Die Absonderung der dem wechsel gebildeten chemischen Körper, welche bei dem erwachsenen Wirbelthiere zugsweise durch die Nieren erfolgt, wird bei dem sich bildenden Embryo, so in der Placenta statt hat, durch eine Drüse besorgt, welche sich in der Folge verschiedenen Abtheilungen der Wirbelthiere in verschiedener Weise an der Bildung der Nieren und der Geschlechtsorgane betheiligt. Die Urnieren (Primordialnieren oder WOLFF'sche Körper) treten nach den Untersuchungen von REMAK bei uns schon in sehr früher Zeit auf, ihre Ausführungsgänge liegen (Fig. 45) unmittelbar dem Hornblatte in einer Lücke zwischen den Seitenplatten und Wirbeln, scheinen sie sich zu entwickeln, ohne Betheiligung des Hornblatts oder der Seitenkanäle. Die Drüse besteht jederseits aus einem an der unteren Seite der Vorwirbel nach aussen zu gelegenen Ausführungsgang, mit welchem nach innen aufsteigende, quere, regelmässig sich folgende Drüsenkanälchen in Verbindung stehen. In der Folge werden die Urnieren beim Säugethierembryo sichtbar, bevor die Allantois anfänglich erscheint die Anlage solid. Wenn sich die Allantois bis zu einem gewissen Grade entwickelt hat, münden die Urnierengänge mit zwei nahe aneinander gelegenen Enden in diese ein. Beim Hühnchen und bei den Reptilien (Schlangen) münden sie in diese ein. Mit dem Wachsthum der Drüse verlängern und schlängeln sich die Seitenkanäle, treten mit ihnen die Blutgefässe, wie in den bleibenden Nieren, mit Malpighischen Knäueln in Verbindung. Der Ureter der Batrachier ist zugleich Samenleiter.

Die Drüse ist dann ein ziemlich bedeutendes, dickes, spindelförmig gebildetes Organ, das zur Seite des Mitteldarmgekröses in der Bauchhöhle liegt. An der vorderen Fläche läuft der Ausführungsgang herab, in welchen die Seitenkanälchen münden. In der Folge sehen wir bei den höheren Wirbelthieren die Urnieren allmählich stillstehen und mit Ausnahme der Theile, die mit den Geschlechtsorganen in Verbindung treten, einer Auflösung anheimfallen. Sie secerniren während ihrer Existenz Art Harn, ein körniges Sekret, in welchem REMAK Harnsäure fand, und das meist aus harnsaurem Natron und harnsaurem Ammoniak besteht. Die Allantois der Urnieren ergiesst sich in die Allantois, den Harnsack. Die alkalische Allantoisflüssigkeit scheint aber nur zum Theil ein Sekret dieser Drüsen zu sein, der grössere Theil ist sie wahrscheinlich ein Transsudat aus den Gefässen der Allantois (S. 47), sie enthält Eiweiss und nach BERSARD Zucker. Bei Hühnchen findet sich Harnsäure, in einer gewissen Zeit auch Harnstoff, bei Säugethieren (Kühen) auch Harnstoff, was man auch im Harn der saugenden Kälber findet, sauer reagirt und sich sonst wie Harn der Omnivoren verhält.

Die Entwicklung der bleibenden Nieren und die harnleitende Organe der höheren Wirbelthieren (Mensch) steht mit den Urnieren in keinem Zusammenhang. Die Allantois liefert dagegen bleibende Theile des Harnapparates. Die Allantois (S. 47) durch den Urachus mit der vorderen Mastdarmwand zusammenhängend, erweitert sich der Urachus in seinem unteren Theile zur Harnblase, zuerst von spindelförmiger Gestalt, sich zunächst noch durch den Urachus (Ligamentum vesicae medium) nach oben mit der Allantois, nach unten durch den Urachus mit dem Mastdarm vereinigt. Meist erst am Ende der Fetalperiode tritt die Blase in die definitive Gestalt an. Die Nieren entwickeln sich, aus einer hohlen Aussackung der lateralen Harnblasenwand (KÖLLIKER), an welcher sich Epithelial- und Fasern

gen. Aus dieser hohlen Anlage entwickeln sich die Harnleiter und Nierenkelche, welche aus der Faserschichte eine kompakte Drüse bilden. Von dem Epithel der Nierenkelche aus bilden sich nun, wie bei den traubenförmigen Drüsen, solide Zellensprossen als Anlage der Nierenkanälchen, welche rasch wuchern, sich verästeln und von den Kelchen her hohl werden. Die kolbig verdickten Enden wandeln sich, indem sie mit den sich selbständig entwickelnden Malpighi'schen Gefässknäueln in Verbindung treten, in die Malpighi'schen Körper um. Nach REMAK'S Beobachtungen an Säugethierembryonen wird der Gefässknäuel von dem Harnkanälchen »umwachsen«. »Indem das letztere auf einen Glomerulus bildet es eine napfförmige eingestülpte Erweiterung, durch welche der Knäuel bis zur Mündung seiner Blutgefässstämmchen allmählich umfasst wird«. Damit stimmen die Beobachtungen LEYDIG'S und im Allgemeinen die Angaben von BIDDER und REICHERT. Manche Nieren haben die Kapsel von den Gefässen einfach durchbohrt werden.

Bei den reiferen Embryonen der Säugethiere und des Menschen besteht die Niere aus einer Anzahl abgesonderter Lappen, Reniculi, welche nur durch die Zweige des Nierenkelches (Nierenkelche) zusammenhängen. Beim Bären, der Fischotter, den Cetaceen bleiben die Reniculi während des ganzen Lebens getrennt, bei den anderen Säugethiern vereinigen sie sich, indem jeder Reniculus eine Pyramide bildet. Die pyramidale Marksubstanz der Reniculi wird von der Cordicalsubstanz wie von einer Mütze bis zu den Papillen über-

deckt. **Vergleichende Anatomie.** — Die Urniere, welche bei den Thieren, die während ihrer Entwicklung ein Amnion besitzen (Amnioten), nur in frühen Embryonalperioden als Niere fungirt, spielt bei den Anamnia eine dauernde Rolle (GEGENBAUR). Bei den Fischen bildet sich die bleibende Niere aus der Urniere. J. MÜLLER hat bei den Myxinoiden (Cyclostomen) den einfachsten, der Urniere entsprechenden Bau der Wirbelthierniere entdeckt. Ein langer, durch die ganze Bauchhöhle reichender Ureter giebt in grossen Zwischenräumen an jeder Stelle ein ziemlich weites, aber kurzes Kanälchen nach aussen ab, welches durch eine Verengung zu einem blindendigenden Säckchen führt (Malpighi'sches Körperchen), in welchem sich je ein Glomerulus befindet. Bei der voluminöseren Petromyzonten-Niere vereinigen sich die Harnleiter zu einem unpaaren, weiteren Abschnitt, welcher, wie bei den abgesonderten Harnleiter der Myxinoiden, zum Bauchporus verläuft. Die Nieren der Petromyzonten zeigen keine Unterscheidung von Rinden- und Marksubstanz, die Harnkanälchen sind gewunden. Es kommen harnblasenartige Erweiterungen vor, entweder an einem unpaaren Verbindungsstück der Ureteren oder an jedem einzelnen (Selachier) (Fig. 438).

Bei den Larven der Batrachier zeigen sich die Harnkanälchen zuerst als gestielte, auf dem Bauch sitzende Bläschen, bei den entwickelten Thieren (Fröschen) gehen die Harnkanälchen von einer Ureterseite hinab und endigen nach einem theils geraden, theils gewundenen und gabelförmiger Theilung am entgegengesetzten Rande der Niere. Die Nieren der Batrachier und Vögel zerfallen in Lappen und zeigen auf ihrer Oberfläche eigenthümliche Wundungen, welche bei Vögeln an die Windungen der Gehirnoberfläche erinnern. Bei Schlangen und Kriechthieren senken sich in den am Innenrande der Nieren verlaufenden Harnleiter, den Nierenlappen entsprechend grössere Harnkanäle ein, welche aus dem büschelförmigen Zusammentreten der feinsten Harnkanälchen und ihrer primären Verbindungsstücke hervorgegangen sind. Bei den Sauriern und Krokoditen werden die Ureteren vom Nierenhymen umschlossen. Bei den Vogelniere, die in Reniculi zerfallen, zeigt sich deutlich die Rinden- und Marksubstanz. Der Harnleiter läuft grossentheils ausserhalb der Niere. — Der hintere Theil der Urniere bildet sich sowohl bei den Fischen als meist auch bei den Amphibiern. Wie es scheint, kommt bei den Amnioten nur der hintere, bei den Anamnia dauernde Rolle spielende Theil der Urniere zur Entwicklung (GEGENBAUR).

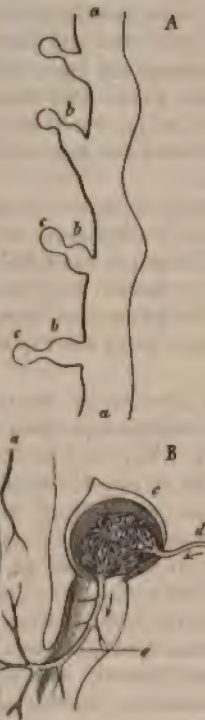
Bei den Amphibien, Reptilien und Fischen wimpert zum Theil das Epithel der Harnkanälchen in die Richtung ihrer Urnieren. Die MALPIGHI'schen Gefässknäuel finden sich in den Nieren aller Wirbelthiere, aber etwas wechselnd in Zahl, Grösse und Verknäuelung.

Die Harnorgane der Wirbellosen sind entweder mehr oder weniger einfache,



getrennte Kanäle, bei den Würmern und Arthropoden, oder in kavernöse Gehäufte Röhren bei den Mollusken. Die wasserführenden Respirationsorgane der Wirbelthiere sind an ihrem unteren Abschnitte selbständige Exkretionszellen für die Harnausscheidung. Das Exkretionsorgan = Niere der Trematoden sondert ein krystallinisches Sekret ab, in welchem v. L. u. A. Guanin fanden. Bei Insekten, Arthropoden fungiren die sogenannten Malpighischen Gefässe theils als Nieren, theils als Gallenorgane (LEYDIG). Sie erscheinen als lange, meist zweigte Kanäle, die meist vielfach gewunden schleifenförmig am Darmkanal anliegen, bis zu einem erweiterten Abschnitt sie münden. Die weissen Secerniren die Harnkonkremente, neben ihnen verlaufende Gefässe gelbliche Galle. Bei einigen Insekten wird eine verschiedene Funktion auf die verschiedenen Abschnitte eines und desselben Gefässes beschränkt. Bei niederen Thieren sind die Harnorgane noch nicht so differenzirt. v. SIEBOLD möchte die betreffende Funktion der Malpighischen Gefässe verlegen, welche an verschiedenen Stellen des Pylorus und Mastdarm in den Darmkanal münden. Bei den Mollusken entsprechen die Harnorgane den bei den Würmern angetroffenen Bildungen. Es sind sie mit einer äusseren Oeffnung beginnend und mit einem oder längerem Verlauf in der Leibeshöhle, ehe sie in der peripheren inneren Oeffnung münden. Durch diese Fortsätze und mehrfache Faltungen erhalten sie einen kavernösen Bau, bei einigen: Planorbien, Cephalopoden sind diese Nieren kontraktile. Die kavernösen Räume sind durch die Sekretionszellen, welche bei den Acephalen flimmern. Die Harnkonkremente erscheinen als Körnchen, schalige krystallinische Bildungen in den Sekretionsräumen derselben (H. M. Blaschen). Solche Konkreme sind es, welche bei den niederen Thieren die Exkretionsorgane bilden. Um einiger Sicherheit erkennen lassen, dass die Harnkonkremente mit dem Harn der Wirbelthiere nicht fälschlich noch unerwiesen. Die Konkreme sind weiss, gelb, oder wie bei *Paludina vivipara*.

Fig. 438.



A Ein Theil der Niere von *Bdellostoma*. a Harnleiter. b Harnkanälchen. c Terminale Kapsel. B Ein Stück davon stärker vergrössert. a, c wie vorhin. In c ein Glomerulus, in welchen eine Arterie d eintritt, während eine austretende e sich auf Harnkanälchen und Harnleiter verzweigt. (Nach J. MÜLLER.)

### Chemisch-physiologische Vorgänge in der Niere.

Von den der Niere eigenthümlichen Lebenserscheinungen ist bisher noch wenig bekannt. Von der specifischen Zellenthätigkeit in der Niere zeugt das Vorkommen von Taurin. Neben diesen finden wir auch hier Sarkin und Xanthin (CLAUDE, NEUKOMM u. A.), auch Kreatin. Der Stoffwechsel des Nierengewebes wird charakterisirt durch die Bildung des schwefelhaltigen Cystins, das sonst in keinem anderen Gewebe nachgewiesen ist. BECKMANN fand Leucin und Tyrosin in der Niere, das aber nur in kranken Nieren, z. B. bei Choleraleichen aufgefunden wurde. Harnstoff und Oxalsäure treten bei Morbus Brighti auf, bei Diabetes mellis Zucker.

Die strukturlose Hülle der Harnkanälchen zeigt, wie das Sarcolemma eine hohe Resistenz gegen chemische Agentien, ähnlich der des elastischen Stoffes. In dem albuminösen Inhalte der Epithelzellen der Harnkanälchen finden sich nach Fett- und Fleischsaure Fetttröpfchen, wie solche von Einigen als ziemlich konstante Bestandtheile des Harns angenommen werden.

In welchem Zusammenhange der chemische Bau der Niere zu ihrer Funktion steht, hat bisher noch nicht näher enthüllt lassen. In neuester Zeit ist mehrfach die Behauptung aufgestiegen, dass die Niere durch ihre spezifische Thätigkeit Harnstoff erzeuge weniger hoch oxydirten Stoffen (besonders Kreatin), die ihr durch das Blut zugeführt werden. Man hat den Beweis dafür durch Ausschneiden von Nieren bei Hunden und Kanarienvögeln zu führen versucht und wollte nach diesen Operationen sehr wenig Harnstoff im Harn und den Organen der operirten Thiere aufgefunden haben, weil weniger als sonst bei Vorhandensein der Nieren in selber Zeit gebildet worden wäre, dagegen sei das Kreatin vermehrt. Man änderte den Versuch auch in der Art um, dass man die Nieren bestehen liess, nur die Harnleiter unterband und so nur die Harnausscheidung unmöglich machte. Es sollte sich die normale Menge Harnstoff in den Geweben vorfinden, da eben die Nieren Thätigkeit noch hatten fortsetzen können. Man hat sogar behauptet, dass frisches Muskelgewebe mit Kreatinlösung zusammengebracht, in diesen das Kreatin in Harnstoff umwandele. Den negativen Befunden, nach denen Harnstoff bei Thieren mehr oder weniger vermindert gefunden oder sogar ganz vermisst wurde, bei denen die Nieren ausgeschnitten waren, steht das positive Resultat von C. Voit entscheidend gegenüber, welcher bei der Nierenausscheidung den Harnstoff in den Geweben ebenso vermehrt fand, wie bei der Harnleiterunterbindung, während er in Beziehung auf das Kreatin keine Veränderung in der Quantität erkennen konnte. Auch ROSENSTEIN suchte durch Versuche zu zeigen, dass sich die Niere an der Harnstoffbildung nicht betheilige.

Wir müssen die Nieren wie die Lungen vor allem nur als Ausscheidungsorgane betrachten, welche einen Theil der Blutflüssigkeit — Wasser und die am leichtesten diffundirenden Stoffe — durch sich hindurchtreten lassen, ohne ein spezifisches Drüsensecret, aus der originellen Lebensthätigkeit ihrer Drüsenzellen hervorgegangen wäre, ihr beizufügen. Dabei ist freilich die Möglichkeit noch nicht ausgeschlossen, dass sich ähnlich wie in der Lunge an der Kohlensäureausscheidung auch die Niere an der Harnausscheidung betheiligt, indem sie vielleicht durch aktive Veränderung ihres Zellenchemismus, Diffusionsströmen den Weg durch ihre Zellmembranen oder durch die Membranen der Harnkanälchen bahnt. Dass so Etwas in den Nieren stattfindet, vielleicht ebenso wie bei anderen Organen und im Muskelgewebe auch durch Säurebildung (die Nierensubstanz reagirt stets alkalisch, auch bei den Thieren, welche alkalischen Harn absondern), zeigt sich darin, dass aus alkalischer reagirender Blutflüssigkeit die saure Harnflüssigkeit hervortritt. Für aktive Betheiligung der Niere an der Harnbereitung spricht vor allem Das, was neuestens Voit durch Kreatin fütterungen erwiesen hat. Das Kreatin, welches sich im alkalischen Blute vorfindet, wird in den Nieren in Kreatinin umgewandelt. Es erscheint das als eine Wirkung der Nierenreaktion, da die gleiche Umwandlung auch im sauren Muskel behauptet wurde und sich ausserhalb des Organismus durch saure Flüssigkeiten geschieht. Der Harnfarbstoff Urobilin, ein veränderter Blutfarbstoff, es könnte auch dieser erst in der Niere verändert und aus den Harnkanälen befreit werden. Das Cystin und Taurin des Nierengewebes deuten, wie wir schon gesehen haben, auf einen spezifischen Nierenstoffwechsel. Der Inosit, der sich in der Niere findet, wohl, da er nicht im Harn auftritt, ähnlich wie der Zucker in der Leber in das durchgehende Blut über. Bei den niederen Thieren und Vögeln finden wir die festen Nierensteine als Konkremente in den Nierenzellen sich anhäufen.

Nach Störungen in der Nierenthätigkeit findet sich wie nach Nierenausschneiden der Harnstoff im Blute und in den Organen vermehrt, wie aus den Befunden bei Cholerae, bei denen die Harnentleerung vor dem Tode ganz aufhörte, sowie bei Nierendegeneration hervorgeht. Offenbar entledigt sich also bei seinem Durchgang durch die Nieren das



arterielle Blut eines Theiles seines Harnstoffes, den wir ja als normalen Bestandtheil des Blutes kennen. Die Beobachtung PICARD's scheint zu ergeben, dass sich in dem Nierenblut weniger Harnstoff nachweisen lasse als in dem arteriellen. Die Blutgefäße in der absondernden Niere zeigen die gleichen Verhältnisse wie bei allen anderen Drüsen (cf. oben S. 384). Das Blut, welches das ruhende Organ durchströmt, wird venös gefärbt und ist stark faserstoffhaltig. Dagegen fand BERNARD das Venenblut der absondernden Niere hellroth, dem arteriellen ähnlich, fast oder vollkommen blass; dabei soll es mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure enthalten als dunkles, venöses. Bei gleicher Dichtigkeit verhalten sich nach BERNARD's Versuchen die Gasvolumina dieser beiden hier interessirenden Blutarten

Arteria renalis:	Vena renalis	
	hellroth:	dunkelroth:
O . . . 49,4	17,2	6,4
CO <sub>2</sub> . . 3,0	3,13	6,4

Die Reizung der Gefässnerven, wodurch sich die Gefässlumina verengern, veranlaßt die Blutströmung also zu nehmen, wird das Venenblut dunkelroth. Es scheint ergiebt, dass während der Thätigkeit des Organes die Blutmenge, welche durchströmt, sehr bedeutend vermehrt ist. In der Niere des lebenden Kaninchens beträgt sie sich für gewöhnlich etwa  $\frac{2}{3}$  der Gesamtblutmenge (J. RANKE).

### Die physikalischen Bedingungen der Harnausscheidung.

Die Beobachtungen haben ergeben, dass durch eine allgemeine Steigerung des Blutdruckes in dem Blutgefäßsysteme, wie sie z. B. durch gesteigerte Nahrungsaufnahme in der Nahrung erzielt wird, die Harnabsonderung vermehrt werden kann. Es spricht das dafür, dass die Harnabsonderung überhaupt ihr Ziel zu erreichen zunächst den Druckverhältnissen im Blutgefäßsysteme, die in den Nieren so eigenthümlicher Art sind, verdanke. In den Harnkanälchen herrscht wohl stets ein geringerer Druck als in den zuführenden Arterien der Glomeruli, denen er noch durch die geringere Weite der abführenden Arterien im Vergleich mit den zuführenden, und durch die Zerspaltung gleichsam in zwei bei weitem Widerstände einführende Kapillarsysteme (KÖLLIKER) gesteigert ist. Auch die anatomische Anordnung der Glomeruligefäße selbst trägt nach LUDWIG's Meinung zur Drucksteigerung bei, in Folge deren der diffusionsfähige Theil der Blutflüssigkeit durch die Kapillarwände der Glomeruli durchgepresst wird. Für Eiweiß und andere feste Stoffe finden wir die Wände zahlreicher Kapillarsysteme im thierischen Körper durchgängig, auch durch die Wände der Glomeruligefäße treten diese Stoffe nicht hindurch. Nach HEYNSIUS spielt hierbei die Säure des Nierengewebes eine Rolle; Eiweiß, welches verhältnissmäßig leicht in destillirtes Wasser eintritt, wird in angesäuertes Wasser oder in saueren Harn kaum herein. Es wäre zu erwarten, dass eine schwach saure Reaktion des Harnes, welche den Uebergang des Eiweißes durch die Harnkanälchen hindert. Dass Fett für sich feuchte Membranen nicht durchdringen kann, wissen wir aus den Untersuchungen der Fettresorption im Darmlumen. Die Flüssigkeit, welche aus dem Blute durch die Membranen der Glomeruligefäße in die Harnkanälchen hereintritt, ist also Blutflüssigkeit, der die Eiweißstoffe fehlen. Diese Flüssigkeit tritt in den gewundenen Harnkanälchen, die von einem so reichen Kapillarnetze umspunnen werden, in Diffusionsverkehr mit dem Blute, und erleidet dabei die Harnausscheidung konzentrierter gewordenen Blute und erleidet dabei

Veränderungen, die sie zum Harn machen. Diese Hypothese (LUDWIG) gehe Eigenthümlichkeiten des Harnes, besonders die verschiedene Konzentration desselben an Salzen im Vergleiche mit dem Blute unaufgeklärt, doch uns im Allgemeinen ein verständliches Bild. Die verschiedene Konzentration an Salzen im Harn und Blute rührt wohl zunächst davon her, dass die Salze, wie in der Blutmasse finden, im Blute selbst zum Theil nicht frei vorhanden im Theil derselben ist an schwer oder nicht diffundirende organische Verbindungen (Eiweiss etc.) geknüpft. Ein anderer Theil der Salze dagegen ist durch die organischen Stoffe, mit denen sie verbunden waren, frei im Blute. Nur dieser letztere Antheil kann durch den Filtrations- und Diffusionsprozess ausgeschieden werden.

Unter denselben Ausscheidungsbedingungen finden wir bei den Gasen des Blutes, auch in viel geringeren Mengen in den Harn übergehen, als sie sich im Blute finden. Der an die Blutkörperchen gebundene Sauerstoff geht, ebensowenig das Blutkörperchen selbst, in den Harn über, daher erklärt sich der verhältnissmässig geringe Gehalt des Harnes an Sauerstoff, während das Nierenvenenblut noch eine so bedeutende Menge davon enthält. Es geht nur der in der Flüssigkeit nach den Gesetzen der Absorption gelöste Sauerstoff in den Harn. Dasselbe ist es bei der Kohlensäure. Wir verdanken PLANER einige Untersuchungen über diese Gase. Normaler Harn enthält danach im Mittel:

in 100 Harn:

Stickstoff . . . . .	0,820	bei 0° und
Sauerstoff . . . . .	0,043	0,76 Meter Druck.
freie Kohlensäure . . . .	4,729	
gebundene „ . . . . .	3,066	

Die Muskelbewegung und andere Vorgänge, welche den Kohlensäuregehalt des Blutes steigern, steigt auch der Kohlensäuregehalt des Harns (MORIN). Der Harn nach PLANER etwa dasselbe Absorptionsvermögen für die betreffenden Gase, wie Blut und Wasser. Die verdunstbare Kohlensäure des Harnes wächst mit dem Gehalte des Blutes in der Verdauung.

Die Momente, welche den Druck in den Glomerulis vermehren, müssen nach der oben gegebenen Darstellung, was die Beobachtung vollkommen bestätigt, die Menge des ausgeschiedenen Harnes vermehren. Wie schon angeführt, wirkt hierin das Wassertrinken, welches sehr rasch den Druck im gesammten Gefässsystem zu erhöhen, am energischsten. Die Steigerung der Harnabsonderung ist nach GEORGE, dass Getränke eine so rasche, dass eine frühere Zeit direkte geheime Wege vom Magen und Harnblase zur Erklärung annehmen zu müssen glaubte.

Die durch ausgedehnte Muskelkrämpfe (J. RANKE), durch Verschluss grosser Arterien durch Kälte, welche das Blut von der Haut zu den innern Organen treibt, wird der Druck in der Nierenarterie erhöht. Während der krampfhaften Muskelkontraktion selbst ist die Harnabsonderung aber vermindert, die Steigerung tritt erst nach dem Nachlassen derselben ein (J. RANKE). Auch rein nervöse Einflüsse z. B. Hirnverletzungen an der Basis des vierten Ventrikels können sich hierin betheiligen machen. Hierher sind auch die Einflüsse der Gemüthsbewegungen und Nervenkrankheiten zu rechnen. Gesteigerte Thätigkeit des Herzens steigert den Druck im Arteriensysteme. Durch die Reizung der Nerven der Niere werden die Arterien verengt, durch ihre Paralyse dagegen erweitert und die



Widerstände dadurch verändert werden. Die Konzentration des Blutes in die Harnkanälchen ergossenen, gelösten Stoffen wird die Stärke der Ausscheidungen in den gewundenen Kanälchen reguliren und damit auch die Menge und die Menge der im Harn enthaltenen Stoffe vermehren oder vermindern. Alles, was den Blutdruck in den Glomerulis vermindert, vermindert auch die Sekretion. Daher wirkt mangelnde oder zu geringe Wasseraufnahme vermindert. Ebenso Schwächung der Herzthätigkeit bei Herzleiden, vor allem Bluthochdruck (J. Ranke), welche die Harnausscheidung ganz sistiren können. Von dem Einfluss auf die Nierenthätigkeit ist, wie oben erwähnt, zum Theil vasomotorischer nachgewiesen, welcher durch Lumenveränderung in den Gefäßen die Druckverhältnisse in den Glomerulis regeln kann. Nach Engelmann steigert Vagusreizung den Blutzufluss zur Niere, die Vene schwillt an, wird heller, karmoisinroth. Umgekehrt fand er den Erfolg bei Reizung des Vagus major.

Das beständig abgesonderte und nachrückende Sekret scheint die Ursache zu sein, warum der Harn aus den gewundenen in die gestreckten Kanälchen und in das Nierenbecken gelangt. Ein Rücktritt in die Papillenöffnung ist unmöglich, da ein gesteigerter Druck im Nierenbecken die Mündungen der Harnkanälchen in die Papille zusammenpressen muss. Auch in den Harnleitern wird der Harn durch die Schwere und den Druck des beständig abgesonderten, von hinten nachrückenden Harnes bewegt. Dabei sind peristaltische, nach Engelmann auch durch elektrische Kontraktionen ihrer Muskelwände mitthätig.

In der Blase ist ein ähnlich einfacher Verschluss für die Harnleiter vorhanden wie in den Nierenbecken für die Harnkanälchen. Die Harnleiter bohren die Blasenwand schief; jede gesteigerte Ausdehnung der Blase, die die Flüssigkeit zurückzupressen strebt, presst daher die Ureterenmündung wendig zusammen. Die Elasticität der Prostata beim Manne, sowie die muskulöse Sphincter vesicae, der durch die Elasticität elastischer Fasern unterstützt wird, hindern den unwillkürlichen Heraustritt aus der Blase. Die Spannung der gefüllten Blase erregt den Drang zum Harnlassen, der durch die in die Harnröhre gelangten Urintropfen gesteigert wird. Das Harnlassen wird durch die Bauchpresse eingeleitet, durch starke reflektorische Kontraktionen der Blasenwand (Detrusor urinae) vollendet. Die Kontraktionen der Blase können das Blasenlumen vollkommen verschliessen; sie werden durch einen Reiz hervorgerufen, welchen der auf die Harnröhrenschleimhaut gehende Harn ausübt. Die Muskeln, welche die Harnröhre umgeben (namentlich der Bulbospongiosus), pressen die Flüssigkeit aus letzterer aus. Der Verschluss der Harnröhre durch den Ringmuskel soll ein tonischer, also durch fortwährenden Nerveneinfluss erhalten sein (Heidenhain u. A.). Andere leugnen den tonischen Kontraktionszustand (z. B. Wittich) oder das Vorhandensein des Blasensphincters selbst.

Die Blasenerven verfolgte Budge in den Lendentheil des Rückenmarks, Vagus zum Gehirn. Bei Rückenmarksdegeneration stellt sich häufig Lähmung der Blasenmuskulatur ein, dadurch Harnverhaltung. Die peristaltischen Kontraktionen der Ureteren laufen beim Kaninchen mit einer Geschwindigkeit von 20–30 Mm. in der Sekunde gegen die Blase zu (Engelmann). Im Leben werden sie an den Ursprung des Ureters durch den Reiz des eindringenden Harns reflectorisch hervorgerufen. Auch künstliche Kontraktionen hervor, welche dann von der gereizten Stelle aus sich nach oben

**Thesen.** ENGELMANN sah die Kontraktionen auch an Ureterstücken ablaufen, an denen keine Nerven und Ganglien auffinden konnte. ENGELMANN denkt zur Erklärung an autochthone Muskelkontraktionen und Fortpflanzung des Reizzustandes durch Muskelleitung.

## Die Chemie des Harns.

### Organische Harnbestandtheile.

**Harnstoff.** Unter den Stoffen, welche der Harn aus dem Blute abscheidet, steht an Wichtigkeit der Harnstoff obenan. Er ist ein ebenso gefährliches Gift für den Organismus wie die Kohlensäure. Seine Abscheidung aus dem Blute ist für den Fortgang des Lebens von grosser Nothwendigkeit, da er, in grösseren Quantitäten im Blute aufgehäuft, schliesslich vom Tode aus eine Lähmung des gesammten Reflexmechanismus des Rückenmarkes und den Tod hervorzurufen vermag. Bildungsherde des Harnstoffs sind die Leber (MEISSNER) und Lymphdrüsen; bei Kindern, bei denen die Verdauungsorgane, namentlich die Leber, verhältnissmässig sehr stark entwickelt ist, sehen wir die tägliche Harnstoffmenge, auf das Körpergewicht bezogen, relativ grösser, fast doppelt so gross als bei Erwachsenen (4 : 1,7), was sich verhält wie die Harnsäure. Doch bewirkt schon die relativ grössere Blutmenge von Kindern einen bedeutenderen Stoffwechsel.

In 24 Stunden scheidet ein Erwachsener etwa 30—40 Grammen Harnstoff bei gemischter, leichter Nahrung aus. Ist die Nahrung gerade hinreichend, den täglichen Verlust an Stickstoff zu decken, so wird in 24 Stunden im Harnstoff ziemlich genau soviel Stickstoff ausgeschieden als in der Nahrung zugeführt und verdaut wurde. Diese von VORR und BIRCHER am Fleischfresser und an Vögeln, von HENNEBERG für das Rind gewonnene Thatsache bestätigte ich auch für den gesunden Menschen erweisen.

Die Harnstoffausscheidung hat man vielfach nach Geschlecht, Alter, Körpergewicht, sexuellen Lebensbedingungen, Temperatur etc. schwanken sehen; betrachtet man die Verhältnisse näher, so ergiebt sich aber, dass der Hauptregulator für die Harnstoffausscheidung die Nahrungsweise ist. Es finden hiernach enorme Schwankungen statt. Während bei längerem gradem Hunger die Harnstoffausscheidung endlich auf eine untere Minimalgrenze herabsinkt, bei der nur einige Grammen täglich ausgeschieden werden, kann bei krankhaft gesteigertem Hunger und dem entsprechenden Nahrungsaufnahme, wie z. B. im Diabetes (der Lethargia) die täglich ausgeschiedene Harnstoffmenge 100 Grammen und mehr erreichen. Durch meine Untersuchungen wurden beim Menschen die Nahrungseinflüsse zum ersten Male auf die Harnstoffausscheidung mit aller Sicherheit nachgewiesen, da es mir gelang, die vom Menschen aufgenommene Nahrung in ihrer chemischen Zusammensetzung vollkommen genau zu kontrolliren. Meine Untersuchung bezieht sich auf ein junges, männliches Individuum von 24 Jahren.

Die geringsten Mengen von Harnstoff sah ich am zweiten Hungertage: 17,02 Gramm und stickstofffreier Nahrung: 17,1 Gramm in 24 Stunden ausgeschieden. Bei krankhaft langer fortgesetzter fast vollkommener Inanition sah SEEGER die 24stündige Harnstoffmenge eines erwachsenen Weibes sogar auf 6,1 Gramm sinken. Die grösste Menge bei reiner Fleischernährung fand ich zu 86,3 Gramm in 24 Stunden. Meine Minimalzahl verhält sich zur Maximalzahl wie 1 : 5. Aus meinen Untersuchungen am Menschen ergeben sich ganz entsprechend von BUCHNER und VORR am Fleischfresser gewonnenen Resultaten folgende Sätze für die Abhängigkeit der Harnstoffausscheidung von der Nahrungseinnahme. 1) Bei vollkommenem Mangel der Stickstoffzufuhr in der Nahrung während mehrerer Versuchstage findet anfangs eine bedeutende Harnstoffausscheidung statt, erst nach einigen Tagen wird sie ziemlich gleichmässig. Dann ist die im Harnstoff ausgeschiedene Stickstoffmenge der in der Nahrung zugeführten und verdauten ziemlich genau gleich. 2) Im Hunger wird das Minimum von Harnstoff ausgeschieden, doch ist in den ersten Hungertagen die ausgeschiedene Harnstoff-



menge verschieden nach der dem Hunger vorausgegangenen Ernährung. 3) Durch Nahrungszufuhr allein, abgesehen von ihrer Zusammensetzung wird die Harnstoffausscheidung nicht gesteigert. Bei rein stickstofffreier Kost sinkt die Harnstoffausscheidung auf und selbst unter das bei Hunger beobachtete Minimum. 4) Steigerung der Nahrungszufuhr in der Nahrung steigert die Harnstoffausscheidung. Doch steht wenigstens der ersten 24 Beobachtungsstunden die Steigerung der Ausscheidung nicht in einem bestimmten Verhältnisse zur Steigerung der Zufuhr. 5) Steigerung der Stickstoffzufuhr vermindert nur am betreffenden, sondern auch noch am folgenden Tage die Harnstoffausscheidung. Hunger bewirkt umgekehrt noch für den folgenden Tag Minderung.

Ausser diesen Einflüssen auf die normale Harnstoffausscheidung sehen wir auch noch die Blutmenge und die Wasseraufnahme in der Nahrung für die Quantität derselben von Einfluss. Gesteigertes Wassertrinken mehrt die Harnstoffausscheidung (etc.). Ebenso die Zufuhr von Kochsalz (BISCHOFF, KAUFF, VOIT etc.).

Eine Reihe von älteren Angaben über Vermehrung oder Verminderung der Harnstoffabgabe wurde von VOIT als irrig widerlegt: so die vielgemachte Behauptung, dass die körperliche Anstrengung die 24 stündige Harnstoffausscheidung der geleisteten Arbeit entsprechen lässt, oder dass Kaffeegenuss dieselbe herabsetze.

Bei Nahrungsaufnahme steigt die Harnstoffausscheidung während der Verdauung bedeutend, um dann wieder zu sinken. Soviel Mahlzeiten, soviel Erhebungen. Die Kurve der Harnstoffausscheidung auf die Zeit bezogen (VOIT u. A.). Ebenso ist die Wasserausscheidung im Verhältnisse zum genossenen Getränke. Auch bei dem menschlichen Individuum zeigen sich Schwankungen, die sich nur aus inneren Schwankungen physiologischer Vorgänge im Körper während des Tages erklären lassen. Gegen Nacht sinkt die Harnstoffausscheidung hiebei ein Maximum (BECKER). Von Morgens steigt sie aber zuerst konstant zu sinken (C. VOIT, J. RANKE). Die Erklärungen für alle diese Erscheinungen ergeben sich aus den Gesetzen der Ernährung.

Die Harnsäure wird in sehr viel geringeren Mengen ausgeschieden als der Harnstoff, bei dem Erwachsenen etwa 0,5 Gramm im Tage. Im Uebrigen zeigt sie eine vollständige Uebereinstimmung mit dem Harnstoff in ihren Ausscheidungsverhältnissen, wie HEINRICH RANKE und ich gezeigt haben. Die Ausscheidung der Harnsäure ist am höchsten bei Hunger und bei stickstoffloser Nahrung (Zucker). Sie steigt bei Pflanzenkost und bei Fleischnahrung am bedeutendsten. Ich fand, dass die Harnsäureausscheidung in einem bestimmten Verhältnisse stehe zur Harnstoffausscheidung: beide Stoffe werden in einer bestimmten Proportion ausgeschieden, und zwar ist das Verhältniss, wenn die ausgeschiedene Harnsäuremenge = 1 gesetzt wird, im Mittel:

$$\text{Harnsäure-Harnstoff-Verhältniss} = 1 : 45.$$

Die Schwankungen in der täglichen Ausscheidungsgrösse sind also denen der Harnstoffausscheidung kongruent. Die geringste Menge während 24 Stunden beobachtet bei Hunger: 0,24 Gramm, die grösste bei übermässiger Fleischnahrung 2,41 Gramm, eine mir am Gesunden noch niemals beobachtete Quantität. HEINRICH RANKE fand bei Fleischnahrung in 24 Stunden etwa 0,9 Gramm, ich im Durchschnitt bei vorwaltender Pflanzenkost 0,4 Gramm, bei gemischter wie HEINRICH RANKE 0,7 Gramm. Man hat früher ein bestimmtes Verhältniss zwischen Harnsäure- und Harnstoffausscheidung in der Art angenommen, dass die Harnsäure ein niedereres Oxydationsprodukt der stickstoffhaltigen Körpertheile sei, sie dann in gesteigertem Maasse auftrete, wenn die Oxydationskraft des Organismus gestört sei, der Harnstoff sei dann entsprechend vermindert. Diese beobachtete Proportionalität der Harnsäure- und Harnstoffausscheidung sprechen für diese Annahme, wenn auch die Chemie eine Bildung von Harnstoff aus Harnsäure nicht lehrt. Gefüllte Harnsäure soll als Harnstoff im Harn erscheinen.

Kreatin und Kreatinin kommen stets im Menschenharn vor, und zwar in denselben Mengenverhältnissen wie Harnsäure, etwa 0,7 Gramm bis 1 Gramm.

schwankt mit dem Stickstoffgehalte der Nahrung wohl in analoger Weise wie die Harnsäure.

Die Hippursäure hat erst neuestens durch MEISSNER und SHEPARD eine gründliche Untersuchung in Beziehung auf ihre Entstehungsweise im Organismus erfahren. Sie ist im Harn der Pflanzenfresser in ziemlich bedeutenden Mengen enthalten; auch im menschlichen Harn scheint sie vielleicht niemals ganz zu fehlen, wie die neuesten, mit verbesserten Methoden angestellten Versuche zeigen. Bei vorwiegender Fleischdiät entzieht sie sich aber der Beobachtung, sie beträgt dann nach den genannten Autoren nur kaum  $0,008\%$ . Auch im Harn des Fleischfressers kommt stets eine ähnliche geringe Menge dieses Stoffes vor. Unter diesem normalen, den normalen Oxydationsbedingungen der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile entsprossenen Gehalte des Harnes an diesem Stoffe sind wir im Stande, Hippursäure zu erzeugen durch Genuss von Vegetabilien und von Benzoesäure, die sich mit Glycin zu Hippursäure verbindet (cf. S. 70).

Man kann bekanntlich diese Verbindung des Glycins mit Benzoesäure auch ausserhalb des Organismus erreichen, wenn man beide Stoffe in zugeschmolzenen Röhren auf  $160^{\circ} - 180^{\circ}\text{C.}$  erhitzt.

Andererseits zerfällt durch Säuren und Alkalien, sowie unter Einwirkung der Gährung, z. B. im faulenden Harn die Hippursäure in Benzoesäure und Glycin.

ROSE und HALLWACHS behaupteten, dass die Paarung des Glycins mit der Benzoesäure nicht vor sich gehe, und zwar scheinen ihre Experimente zu beweisen, dass dazu das Glycin der Glycocholsäure, das in der Leber entsteht, verwendet wird. MEISSNER und JOLLY konnten dagegen im Blute der Pflanzenfresser keine Hippursäure auffinden, auch im Harn reichlich enthalten war. Sie behaupten daher, dass sich die Hippursäure in den Nieren bilde, und halten dazu die Betheiligung des Leberglycins nicht für nothwendig.

In der Kutikularschichte der Pflanzen findet sich ein Stoff, welcher von Pflanzenfressern aufgenommen werden kann, obwohl er chemisch unlöslich ist, und aus dem Hippursäure entsteht. Dieser Stoff ist der Hauptgrund für das Auftreten der Hippursäure in grösserer Menge im Harn der Pflanzenfresser. Die inneren Pflanzentheile in den Wurzeln z. B. enthalten diesen Stoff nicht; man kann durch Futter aus solchen die Hippursäureausscheidung unterdrücken. Dieser Stoff der Kutikula hat in seiner Zusammensetzung einige Aehnlichkeit mit Nymphettsäure, aus der ebenfalls Hippursäure im Organismus entsteht.

MEISSNER und JOLLY konnten auch Bernsteinsäure im Harn nachweisen, ebenfalls nur in minimalen Mengen.

Der Zucker zeigt sich nach BAÜCKE im Harn in äusserst geringen Spuren normal.

Die Harnfarbstoffe sind verschieden (cf. S. 75); die Harnfarbe wechselt von roth zu gelb, grün, blau, braun und schwarz.

Unter diesen Stoffen werden noch Extraktivstoffe beschrieben, ein Gemisch unbestimmter chemischer Materialien.

MEISSNER fand stets Spuren von Ammoniak im frischen Harn.

### Anorganische Harnbestandtheile.

Unter den anorganischen Bestandtheilen, die durch den Harn ausgeschieden werden, hat bis jetzt das Chlor die genaueste Untersuchung erfahren. Auch wenn das Chlor in der Nahrung des Menschen vollkommen ausgeschlossen war, blieb nach Untersuchungen von WUNDT der Harn des Menschen noch chlorhaltig. Am 3. Tage des Kochsalzhungers erschien aber zum Beweise, wie bedeutend die Störung in der Harnausscheidung durch den Kochsalzhunger ist, Eiweiss im Harn. Die Ausscheidung des Chlors richtet sich in ihren quantitativen Verhältnissen vor allem nach der Aufnahme desselben in der Nahrung, sodass man von einem Normalgehalt des Harns an Kochsalz nicht sprechen kann. In den an mir selbst angestellten Beobachtungen schwankte die Kochsalzmenge im Harn



von 4,83—33,8 Gramm in 24 Stunden. KAUPP sah die im Harn enthaltene Menge hoch steigen, da er nur im Stande war, während 24 Stunden 33,6 Gramm in die Nahrung zu nehmen, ohne dass Störungen in der Kothbildung (Abweichen) eingetreten. Als Mittel aus einer 12 Tage fortgesetzten Versuchsreihe, wobei jenes Kochsalzmaass gereicht wurde, ergab sich ihm für die 24 stündige Kochsalzausscheidung im Harn 11,4. Die niedrigste Zahl von 4,8 Gramm beobachtete ich an einem Hungertage, an dem die Nahrung (während 48 Stunden) aufgenommen wurde; die höchste bei möglichst reichlicher Ernährung, bei welcher der Salzgenuss dem Geschmacke überlassen war. Die Ausscheidung war an letzterem Tage trotz der enormen Kochsalzzufuhr nicht gestört. Die Kochsalzausscheidungen in 24 Stunden schwanken bei gewöhnlichen Verhältnissen zwischen 4 und 23 Gramm.

Bei ganz gleichbleibender Kochsalzzufuhr in den Organismus zeigt nach allen Erfahrungen an Thieren und Menschen, auch wenn kein Kochsalz durch Haut und Darm die tägliche Kochsalzausscheidung im Harn gewisse Schwankungen nach auf- oder abwärts fand, dass der Organismus keine gleichbleibende Aufnahmefähigkeit für Kochsalz besitzt. Auch der Gehalt der thierischen Flüssigkeiten an diesem Stoffe ist kein gleichbleibender. Der Organismus kann bei gesteigerter Kochsalzzufuhr Kochsalz in der Nahrung und Organen aufspeichern. Bei geminderter Kochsalzmenge in der Nahrung kann er gegen von diesem aufgespeicherten Vorrath abgeben. So kann es kommen, dass an einem Tage weniger, das andere Mal mehr Kochsalz in 24 Stunden im Harn erscheint als an einem andern Tage, die während der Zeit genossen wurde, enthalten war. Meist verlässt aber die abgenommene Kochsalzmenge den Organismus schon nach sehr kurzer Zeit wieder. Nach einer salzreichen Nahrung sind die entleerten Harnmengen sehr kochsalzreich.

Vorr hat gezeigt, dass in grösserer Menge aufgenommenes Kochsalz die Eiweissausscheidung und damit die Harnstoffausscheidung etwas steigert. Durch gesteigerten Kochsalzgenuss wird auch die ausgeschiedene Harnmenge vergrössert. Das Kochsalz wirkt wie ein harntreibend.

Bei dem Menschen hat die Schweissbildung auf die Menge des ausgeschiedenen Kochsalzes im Harn einen nicht unbedeutenden Einfluss. Bei längerer Zeit gleichbleibender Kochsalzzufuhr, bei welcher eine gleichbleibende Kochsalzausscheidung im Harn war, nahm ich ein Schwitzbad, in welchem während 17 Minuten der Körper um  $1\frac{1}{2}$  Zollpfund an Gewicht durch Schweissbildung abgenommen hatte.

Kochsalzgehalt des Harnes am Tage vor dem Schwitztag	9,4 Gramm.
„ „ „ am Schwitztag	6,8 „
„ „ „ am Tage nach dem Schwitztag	10,2 „

GENTH, welcher derartige Versuche, bei Bewegung, bei welcher geschwitzt wurde, stellte, bekam ähnliche, aber weniger grosse Differenzen. Den grössten Unterschied stellte ihm folgender Versuch: ohne Bewegung 9,5, mit Bewegung 8,3 Gramm Chlor. Kochsalz wird also bei Schweissbildung zum beträchtlichen Theile durch die Haut ausgeschieden, dass eine Abnahme im Harn eintritt. Aehnlich wirken auch pathologische Zustände, die plötzlich aus dem Blute abgegeben werden.

Das im Harn enthaltene Chlor ist nicht immer alles an Kochsalz gebunden. Geringerer Theil scheint mit Kali, Calcium und Ammoniak vereinigt zu sein.

**Die Schwefelsäure und Phosphorsäure** des Harnes stammen von der Zersetzung der organischen oder leimgebenden Stoffe der Gewebe und der Nahrung oder aus anorganischen Stoffen, welche mit den Nahrungsstoffen eingeführt werden. Nicht aller Schwefel der Nahrung wird in den Nahrungsstoffen oxydirt; ein geringerer Theil geht als Taurin ab, ein anderer im Harn als ein anderer schwefelhaltiger Körper (z. B. unter Schwefelwasserstoff im Harn). Im Allgemeinen gilt für die Ausscheidung der Salze dieser Säuren das gleiche Gesetz, wie wir es bei den Chloriden gelernt haben.

Da die Schwefelsäure, die Phosphorsäure und der Harnstoff zum grössten Theile

Ursprung haben, nämlich die Eiweisszersetzung, so ist meist auch mit einer Steigerung des einen in normalen Fällen, wenn nicht durch störende Zusätze zur Nahrung oder momentane Darreichung Aenderungen hervorgerufen werden, eine Steigerung der anderen verbunden. Im Hunger sinkt die Schwefelsäure- und Phosphorsäureabscheidung wie die Harnstoffabscheidung. Am meisten werden ausser durch Einführung schwefelphosphorsaurer Salze in der Nahrung die Ausscheidungen der beiden Säuren durch Nahrungsergänzungen gesteigert. Die Steigerung der beiden Säuren im Harn durch Einführung in Salzen derselben wird dadurch beschränkt, dass der Darm nur eine kleine, bestimmte Menge, etwa 4—6 Gramm, ohne Störung aufnehmen kann. Die beiden Säuren sind nie sowohl an Alkalien als an Erden gebunden. Nach Fleischgenuss überwiegt das saure phosphorsauere Kali im Harn sehr bedeutend.

Schwankungen in der Quantität der Ausscheidung sind bei Schwefel- und Phosphorsäure in 24 Stunden etwa ebenso bedeutend, wie die des Harnstoffs. GENT u. A. fanden bei gemischter Kost annähernd gleiche Mengen der beiden Säuren im Harn. Schwefelsäure: 2,5—3,3, Phosphorsäure: 3,6—5,4 Gramm in 24 Stunden. Diese Zahlen sind bei uns etwa als die normalen Mengen zu betrachten für die tägliche Ausscheidung. Wie aber die Schwankungen je nach dem Wechsel der Nahrung sich ergeben können, meine Bestimmungen bei einer Aufnahme von 1832 Gramm fettfreiem Fleisch im Harn.

Die hierbei gefundenen Zahlen können wohl als Maximalzahlen für die physiologisch mögliche Steigerung dieser Ausscheidungen ohne Darreichung von schwefelphosphorsaurer Salzen in der Nahrung betrachtet werden. Ich fand in 24 Stunden:

Schwefelsäure 6,8 Gramm

Phosphorsäure 8,0 „

Zu den bisher angeführten Säuren: Kohlensäure, Salzsäure (Chlor), Schwefelsäure, Harnsäure, finden sich noch im Harn geringe Mengen von Oxalsäure, vielleicht constant, und Kieselsäure.

Die anorganischen Basen des Harns sind mit den Säuren meist zu sauren Salzen verbunden. Das saure phosphorsauere Natron hält den oxalsauren Kalk und die Harnsäure in Lösung.

Die Reaktion des Harnes ist normal meist eine saure. Sie rührt von den im Harn vorhandenen sauren Salzen her, vor allem von dem sauren phosphorsaueren Natron. Diese sauren Salze werden aus dem basischen phosphorsaueren Natron durch Anwesenheit der organischen Säuren des Harns: Harnsäure, Hippursäure, auch der Gallensäure, erzeugt, welche einen Theil der Basen für sich in Anspruch nehmen. Ebenso werden saure Salze in allen Säften des Körpers, wo freie Säuren vorhanden sind. Man kann die Reaktion des Harnes sauer gemacht werden durch den Genuss freier Säuren, sowohl anorganischer wie organischer. Auch Ammoniaksalze machen, da sie zu Ammoniak im Organismus oxydirt werden, den Harn sauer. Nach massigem Fleischgenuss ist es vor allem das saure phosphorsauere Kali, das die saure Reaktion des Harns bedingt.

Der Harn kann aber auch bei ganz gesunden Menschen alkalisch reagiren. Der Harn von Pflanzenfressern ist immer alkalisch. Die alkalische Reaktion findet sich bei dem Menschen nach vermässiger Nahrungsaufnahme während der Zeit der Verdauung. B. JONES stellte fest, dass nach gemischter Kost, aber auch nach reiner Fleischnahrung wird die Reaktion alkalisch.

Bei einem meiner Versuche wurden Mittags 4½ Uhr 1284 Gramm fettfreies Ochsenfleisch gegessen. Den um 4 Uhr Nachmittags entleerten Harn fand ich stark alkalisch, ebenso den um 8 Uhr Abends. Der folgende Morgenharn zeigte sich stark sauer.

Nach dem Genuss von kausischen und kohlensauren Alkalien kann man ebenfalls willkürlich die saure Harnreaktion in eine alkalische umwandeln. Schon eine Stunde nach dem Genuss von kohlensaurem Natron findet sich der Harn alkalisch. Ebenso wie kohlensaure Alkalien wirken die meisten organisch sauren Alkalien, da sie im Organismus zu kohlensauren Salzen werden.



lensäuren verbrannt werden. Die alkalische Reaktion des Pflanzenfresserharns in so reichlicher Menge in der Nahrung aufgenommenen organisch sauren

Die Wasserabgabe durch den Harn richtet sich, wie aus den Bemerkungen über die Harnabsonderung hervorgeht, vor allem nach dem genossenen Wasser. In denen der Biergenuss gewöhnlich ist, ist das täglich ausgeschiedene mit dem ungemessen viel grösser als in Gegenden, in denen diese Säfte nicht mehr Wasser entleert wird, desto mehr feste Stoffe (Harnstoff, Salze etc.) der Organismus durch den Harn, sie werden aus den Geweben ausgeschwemmt durch den durch gesteigerte Wasseraufnahme vermehrten Säftestrom durch grösseren Quantitäten gebildet (Vorr). Umgekehrt wird durch die gesteigerten Salzen, welche den Organismus nur gelöst im Harn verlassen können, z. B. in u. a. m., dem Organismus eine grössere Wassermenge entzogen. Dasselbe ist durch gesteigerte Zersetzung sehr viele aus den Geweben gelöst abzuführende wurden. So kommt es, dass starke Fleischnahrung die Wasserabgabe unabhängig ist zeitweilig die Wasserausscheidung durch die Nieren von der Wasser-Nahrung unabhängig, sodass unter Umständen weit mehr Wasser im Harn entleert wird, als Getränk zugeführt wurde. So kann es kommen, dass in Folge des Genusses der Körper durch Wasserabgabe eine bedeutende Gewichtsabnahme

Bei einem von mir am Menschen angestellten Versuche, bei welchem 1331 Gramm gegessen wurden, wurden 3073 Kub.-Cent. Harn in 24 Stunden entleert, dass 3371 Kub.-Cent. Wasser während der Zeit getrunken wurden, verlor das Gewicht des Körpers noch um 446 Gramm. Noch weit grösser fand ich den Verlust durch übermässige Fleischnahrung in zwei anderen Versuchen. In dem ersten zu 2009 Gramm Fleisch 4400 Kub.-Cent. Wasser getrunken. Die ausgeschiedene betrug 3260 Kub.-Cent., die Körpergewichtsabnahme, zumeist durch Wasser verursacht, 4479 Gramm in 24 Stunden. In dem dritten Versuch betrug die Wasserverlust in 24 Stunden 4083 Gramm, also mehr als 2 Zoltpfund trotz dass von 1284 Gramm Fleisch. Umgekehrt vermehrt den Wassergehalt des Körpers eine stickstofflose Nahrung, eine solche setzt die Wasserabscheidung in den Harn. Als Beispiel führe ich auch eine am Menschen von mir gemachte Beobachtung bei Aufnahme von 1324 Kub.-Cent. Wasser neben 300 Gramm Stärke, 1641 und 450 Gramm Fett, im Harn nur 758 Kub.-Cent. Wasser entleert, das Gewicht nahm an diesem Tage zu um 397 Gramm. Vorr konnte eine Wasserzunahme durch Brodfütterung an Fleischfressern (Katze) durch Wasserbestimmung im Harn direkt nachweisen.

Nach starken Muskelkrämpfen fand ich die Wasserabgabe durch die Nieren während des Krampfs sehr beträchtlich vermindert. Es hängt diese Verminde- rung von der durch allgemeine Muskelkrämpfe veränderten Blutvertheilung im Körper, wobei das Blut in erhöhtem Masse in die Muskeln strömt und dadurch den Harn entleert wird.

CL. BERNARD entdeckte einen rein nervösen Einfluss auf die Wasserausscheidung. Er lehrte die Harnausscheidung vermehren durch Verletzung des vorderen Endes ganz nahe der Stelle, durch deren Verletzung die Zuckerausscheidung vermehrt wird.

Die täglichen Harnmengen schwanken sehr; normal von etwa 400 bis aufwärts bis zu mehreren tausend, bei Harnruhr bestimmte ich 200 bis 250 Zoltpfund. SERGEN sah die tägliche Harnmenge bei lange krankhaft fortgesetzter und geringster Flüssigkeitszufuhr bei einer erwachsenen Frauensperson im Maximum 123 Kub.-Cent. sinken. An mir selbst sah ich sie bei vollkommener Gesunderhaltung und Flüssigkeitsaufnahme schwanken von 750 Kub.-Cent., bei vollständiger Nahrung- und Flüssigkeitsenthaltung, bis zu jenen oben als Effekt der Fleischnahrung 3073 Kub.-Cent., also von  $4\frac{1}{2}$ —6 Zoltpfund am Tage. Das Mittel beträgt

innern bei reichlicher Zufuhr von Flüssigkeiten etwa 4600 Kub.-Cent. in 24 Stunden. Weniger ist das Mittel im Allgemeinen, da sie meist weniger zu trinken pflegen als die Frauen. Die Schwankungen der Wasserabscheidung im Harn während verschiedener Tagesstunden, die stündlichen Harnmengen zeigen sich im Allgemeinen übereinstimmend mit den Schwankungen der Harnstoffabgabe und der Ausscheidung der anderen Bestandtheile.

**Harnfarbe.** Je concentrirter der Harn ist, desto stärker zeigt er sich auch im Allgemeinen gefärbt. Der sehr concentrirte Morgenharn direkt nach dem Aufstehen ist am dunkelsten gefärbt. Nach Krämpfen ist der Harn, weil sehr verdünnt, meist auch hell. Fast wasserhell ist er bei Harnruhr.

Obwohl der Menschenharn durchsichtig und hell. Auch bei vollkommen Gesunder scheidet sich aber häufig bei concentrirten Harnen (Morgenharn) ein Niederschlag aus, der aus sanerem Harn aus harnsaurem Ammoniak und harnsauerem Natron, hie und da auch aus einer Harnsäure (?) besteht. Ist der Harn alkalisch, ein Zustand, den ich bei einem gesunden jungen Manne, der reichlich Fleisch zu essen pflegte, fortgesetzt beobachtet, so scheiden sich phosphorsaurer Kalk und Magnesia aus, die ich öfter zuerst als schmierige Haut auf der Oberfläche des Harns erscheinen sah.

**specifische Gewicht des Harnes** ist, wie schon einleitend angeführt, nach Vogel im Mittel 1020 das Wasser = 1000 gesetzt. Die physiologischen Schwankungen beim Menschen sind auch hier sehr gross. Nach meinen Beobachtungen an Gesunden ist das specifische Gewicht viel niedriger: 1015,4. Die niedrigste Zahl fand ich bei mir bei Hunger, (aber eine sehr grosse Harnmenge entleert wurde) 1007,5. Bei einem viel Wasser trinkenden Landschullehrer beobachtete ich 1003, der Harn war kaum gefärbt. Das höchste specifische Gewicht beobachtete normale, specifische Gewicht betrug 1026,5. Man kann nach Trapp auch die festen Stoffe des Harnes in Procenten berechnen aus dem specifischen Gewicht. Man schneidet die drei ersten Zahlen des spec. Gew. des Harnes durch ein Komma von der letzten ab und subtrahirt dann Hundert. Der Rest wird verdoppelt und giebt die gesuchte Procentzahl der festen Stoffe des Harnes. Bei 1020 würde man also das Komma setzen nach der Zahl 2 also 102,0, nun würden Hundert davon abgezogen, es bleiben 92,0, diese Zahl giebt verdoppelt die festen Stoffe in Procenten = 4,0%. Die Rechnung stimmt mit der Beobachtung ziemlich genau. Aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen ergiebt sich das mitteltheilte spec. Gew. des Harnes 1015,4 ab. Nach Trapp'schen Formeln berechnet man sich die Procente der festen Stoffe zu  $15,4 \times 2 = 3,1\%$ ; die direkt gefundene Procentzahl ergab nur 2,8%.

**Gesamtmenge der durch den Harn entleerten festen Stoffe** schwankt entsprechend den obengedachten Angaben natürlich ebenfalls ungemein. Beim Menschen fand ich bei gemessener Nahrungsenthaltung als niederste Zahl 25 Gramm in 24 Stunden. Als Maximum bei Fleischgenuss (4832 Gramm) 432,7 Grammen im Tage. Als Normalzahl errechnet etwa für den Tag 50 Gramm =  $\frac{1}{10}$  Zollpfund. Durch gesteigerte Wasserabgabe in der Harnabgabe wird die ausgeschiedene Gesamtmenge fester Stoffe, wie jeder dieser Stoffe, gesteigert. Während bei Hunger einmal in 833 Kub.-Cent. Harn 25 Gramm in 24 Stunden abgeschieden wurden, fand ich z. B. ebenfalls bei Hunger aber mit 2234 Kub.-Cent. Harn 20,3 Gramm feste Stoffe. Starke Schweissbildung vermindert die Ausscheidung der festen Stoffe (durch Kochsalzabgabe vor allem) nicht unbeträchtlich. Bei der gleichen Kochsalzzufuhr fand ich in 5 Tagen vor dem Schwitztag im Mittel 64,4 Gramm feste Stoffe, den Tag nach dem Schwitztag 57,6 Gramm, am Tage, an welchem das oben schon erwähnte Exsudat genommen wurde, nur 46,2 Gramm. Trotz der gleichen Nahrungszufuhr sind trotz gleich ausgeschiedenen festen Stoffmengen doch ziemlich bedeutenden Schwankungen vorhanden, es spiegeln sich in diesen Schwankungen alle die Einflüsse, welche die Harnabgabe und die Salzausscheidung erfährt. Eine solche Reihe ergab mir bei ganz gleicher Kost die Werthe:

86,5; 59,7; 65,4; 62,4; 67,4; 54,0; 46,2 (Schwitztag); 57,6.



## Historische Bemerkungen.

Der Harn hat schon bei den ältesten Aerzten genaue Beachtung gefunden. In den Schriften des HIPPOKRATES finden sich zahlreiche praktische Bemerkungen über diesen Gegenstand. Auch die Chemiker haben sich bald und vielfältig mit diesem beschäftigt. Die ersten genauen chemischen Versuche wurden von VAN HELMONT angestellt, sie finden sich in seiner Abhandlung über Steinbeschwerden. ARYANUS DIOPHANTANUS hatten wie die anderen alten Aerzte die Blasensteine für wirklich Sand genommen und sie daher *λίθος, λίθαις* genannt, CELSUS und PLINUS *Calculus* und *Sabulum*, PARACELSUS *Duelech*. VAN HELMONT suchte zuerst zu beweisen, dass die Bestandtheile, aus welchen die Blasensteine gebildet werden, angetroffen werden. Er verglich ihre Bildung mit der Krystallisation des Weins. HALES, BOYLE, BOERHAVE u. v. A. haben sich mit diesem Gegenstand beschäftigt. Der erste richtige Begriff ihrer Natur wurde von SCHEELE 1776 gegeben, der die er untersuchte, die Harnsäure, die er Blasensteinsäure nannte, als Bestandtheil auffand, und die er nachher auch im Harn nachweisen konnte. BERZELIUS fand Harnstein aus phosphorsäueren Erden bestehend, wodurch er den Beweis für die Konkretionen verschiedene Zusammensetzung haben können. WOLLASTON fand fünf verschiedene Arten, nämlich Steine aus Harnsäure, aus phosphorsäurer Ammoniak-Magnesia, aus einem Gemenge dieses Salzes mit phosphorsäurer Ammoniak-Magnesia (schon früher gefunden), aus reiner phosphorsäurer Ammoniak-Magnesia, aus oxalsäurer Kalkerde (Magnesia calcarea). Die ausführlichste Untersuchung wurde kurze Zeit später von FOURCROY und VAUQUELIN veröffentlicht, welche die Aerzte aufgefordert hatten, ihnen Proben von Harnsteinen mitzutheilen. Sie fanden in den 5—600 Steinen, die sie untersucht wurden, Bestandtheile, welche WOLLASTON vor ihnen angegeben hatte, dazu noch Harnsäure und in zwei Steinen einen Gehalt an Kieselerde. PROUST fand einen aus kohlensäurer Ammoniak. WOLLASTON entdeckte 1810 als Blasensteinbestandtheil das Cystin (Cystic acid), er fand das Xanthin (Xanthic oxyde), LINDBERGSON die kohlensäure Magnesia. BERZELIUS und HARNE selbst hatten 25 Jahre nach VAN HELMONT'S Untersuchungen Brauns Phosphor dargestellt. BOYLE versuchte eine Harnanalyse, es glückte ihm nicht, Phosphor zu erhalten, dessen Bereitung geheim gehalten wurde, und den er einem Apotheker zum Verkauf bereiten liess. Ungefähr gleichzeitig sind die berühmten Harnuntersuchungen von BELLINI und BOERHAVE. MARCGRAF zeigt, dass Phosphor von den im Harn sich findenden phosphorsäueren Salzen herrührt. In einer Reihe vortrefflicher Chemiker beschäftigten sich vorzüglich mit dem Harnsalzen. ROUELLE d. J. lenkte 1773 die Aufmerksamkeit auch auf die Bestandtheile (Harnstoff), die er »seifenartigen Harnextrakt« nennt. Die Entdeckung der Harnsäure, der FOURCROY den Namen Harnsäure (*Acidum uricum*) gab, wurde aber erst datirt von der Arbeit des englischen Chemikers CRUIKSHANK (1797) über das eigentliche Kenntniss von der Natur des Harns. Er ist der eigentliche Harnstoff, der von FOURCROY und VAUQUELIN näher untersucht und benannt wurde, die Veränderungen des Harns in Fiebern, Wassersucht, Diabetes mellitus etc. VAUQUELIN gaben drei Jahre später eine ausführliche Harnanalyse. THÉNARD gab die freie Säure des Harns nicht allein Phosphorsäure, sondern auch Essigsäure, substituirt dafür Milchsäure. F. WOLFF giebt 1807 in KLAPROTH'S chemische Analyse als normale Bestandtheile des Harns an: Wasser, Gallerte und Eiweiss, und mehrere Säuren (Harnsäure, Benzoesäure, Essigsäure), Salze und Schwefel. ERDMANN fand zuerst Eiweiss im Harn aufgefunden, BERZELIUS giebt an, dass es, wenn auch ein ziemlich häufiger, doch aber kein normaler Bestandtheil sei, man habe zwischen Schleim und Eiweiss keinen genauen Unterschied gemacht. ROUELLE fand oxalsäure im Harn grasfressender Thiere aufgefunden, ebenso den dort reichlich vorhandenen sauren Kalk an Stelle des phosphorsäueren Kalks, den SCHEELE zuerst im Harn

Die Harnfarbe sollte nach FOURCROY und VAUQUELIN von Harnstoff herrühren, dessen Menge sie mit der gesättigteren Farbe zu- und abnehmen sahen.

BERZELIUS führt 1809 als organische Harnbestandtheile an: Harnstoff, freie Milchsäure, freies Ammoniak, unbestimmte Extraktivstoffe, Harnsäure, Harnblasenschleim.

LIEBIG entdeckte die Hippursäure und ihren Zusammenhang mit der Benzoësäure. Die Untersuchungen von BERZELIUS, LIEBIG, DUMAS, WÖHLER u. A. haben vor allem die jetzige Ansicht des Harns begründet. Kreatin und Kreatinin wurden im Harn zuerst von HEINTZ, FETTERKOFER ausgeschieden.

### Die Harnanalyse und ihr Werth für den Arzt.

Die alte ärztliche Praxis erkannte dem Harn einen bedeutenden diagnostischen Werth zu. Wenn der Arzt den Puls gefühlt und gezählt, die Hand zur Messung der Temperatur auf die Stirne des Patienten gelegt und dessen Zunge besehen hat, so greift er noch heute sogleich zum Harngefässe, dessen Inhalt er mit Sorgfalt betrachtet. Wir sehen aus den gespanntesten Mienen des Kranken und seiner theilnehmenden Umgebung, wie tief das Bewusstsein der Wichtigkeit der Harninspektion aus der therapeutischen Praxis in das Publikum eingeprägt ist. Einem in der Ferne wohnenden Arzt, der einen Kranken in absentia behandeln soll, wird zur Unterstützung der Krankheitsbeschreibung eine Portion Harn übersendet. Und gar oft jetzt noch vom Arzte besonders auf dem Lande verlangt, dass er auf die nähere Besichtigung des Harnes hin seine ärztlichen Maassnahmen treffe. — Es darf auch an dieser Stelle nicht vergessen werden, dass diese übertriebenen Anforderungen an den Harn nicht etwa in dem Publikum selbst entstanden sind. Sie sind Ueberreste aus einer Zeit, in welcher noch nicht so lange und weit hinter uns liegt, als wir uns schmeicheln, in welcher der Arzt, und zwar nicht nur der gewissenlose, es für eine Ehre hielt, wenn es von ihm hiess, dass er die Krankheiten allein schon aus der Urinbesichtigung erkennen könnte.

Als in den letzten Jahrzehnten die chemische Methode vor allem durch LIEBIG, durch seine Schüler und Gegner, in die Medicin und Physiologie eingeführt wurde, war es natürlich, dass der Harn, dessen Untersuchung vor allem die Aufmerksamkeit der Aerzte auf sich lenkte, als Harn, der diagnostisch so wichtig ist, sollte nach allen Richtungen chemisch durchsucht werden. Man knüpfte die weitgehendsten Hoffnungen an diese Untersuchungen. Vorher erwartete man, neue diagnostische Hülfsmittel von ihm zu gewinnen, aber auch die Alten suchten man durch genauere quantitative Bestimmungen der Harnbestandtheile zu unterstützen, auf einen wahrhaft wissenschaftlichen Ausdruck zu bringen.

Die alte Harninspektion hatte sich um die äusseren Verhältnisse, die Nahrungsaufnahme des Patienten nicht gekümmert. Es war nicht nöthig, dass die Harnmenge, die man betrachtete, die Gesamtquantität von einer bestimmten, bekannten Zeit war, jede kleine Portion genügte für ihre einfachen diagnostischen Zwecke.

LIEBIG hatte leichte Methoden zur Bestimmung der wichtigsten Harnbestandtheile gefunden, die sich von Jedem, der auch sonst keine chemische Ausbildung besitzt, mit einiger Aufmerksamkeit erlernen und ausführen lassen. Zu den LIEBIG'schen kamen bald für andere, ähnlich leicht ausführbare analytische Methoden hinzu.

Man glaubte sich Jeder berechtigt, bei der quantitativen chemischen Untersuchung des Harnes selbst mit Hand anzulegen. Was man bestimmte, wurde auch veröffentlicht. Der Zustand der Wust von chemischen Untersuchungen, auf welche eine Urologie im besten Zustande aufgebaut wurde, die wirklich, wie es ihr Name besagt, einen pathologischen, hippokratischen Zug nicht verkennen lässt.

Es ging eine Reihe sehr wichtiger Untersuchungen in diesem Gebiete aus berühmten Männern hervor. Die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen aber verlegnete nicht in das Verständniss dessen, was man mit chemischen Untersuchungen erreichen kann, sondern sogar eine verständige Fragestellung an die Natur, eine Berücksichtigung der physio-



logischen Verhältnisse, die ja durch die Störungen einzelner Organfunktionen, Krankheiten sich finden, im Principe nicht verändert werden.

Man hoffte, es würde sich für jedes Krankheitsbild auch eine bestimmte Harnzusammensetzung auffinden lassen, sodass die Diagnose direkt aus der Harnanalyse zu ziehen würde. Es schien nur nöthig zu sein, den Harn von Kranken, die an genau dieselben Krankheiten litten, zu untersuchen, um ein Normalschema der Zusammensetzung für die betreffende Krankheitsform aufstellen zu können.

Vor allem waren es quantitative procentische Bestimmungen einzelner Harnbestandtheile, die man unternahm. Aber man vergass dabei nur zu selten, dass man keinen Zweck haben kann, aus einer unbekannt grossen Stoffmenge eine Quantität herauszunehmen und nun in dieser Portion mit mehr oder weniger Genauigkeit einzelne Bestandtheile quantitativ zu bestimmen. Man kann daraus durchaus keinen Schluss ziehen, doch versuchte, auf Vermehrung oder Verminderung der bestimmten Stoffe, einen Krankheitsprocess zu ziehen.

Quantitative Bestimmungen, welche selbstverständlich nur eine Vermehrung oder ein Gleichbleiben der Ausscheidungsmengen ergeben können, haben keine absolute Bedeutung, wenn sie sich nicht nur auf einen grösseren Zeitabschnitt (meist Monate) beziehen, sondern auch diesen mit anderen ebenso grossen Zeitabschnitten vergleichen. Dass hierbei alle Sorgfalt auf die Bestimmung der Gesamtharnquantität für die Untersuchungsperiode zu verwenden ist, versteht sich von selbst. Nur wenn die Gesamtharnmenge vollkommen richtig bestimmt ist, wenn davon Nichts verloren gegangen ist, kann eine quantitative Analyse möglicher Weise einen Werth haben.

Man glaubte aus der procentigen Zusammensetzung des Harnes Schlüsse ziehen zu können. Es ist das vollkommen unmöglich. Die grossen Verschiedenheiten der Ausscheidung durch Haut und Nieren, die bei ganz gleichbleibenden inneren Einflüssen, Konzentrationsgrad des Harnes auf das Wesentlichste verändern können, machen solche Versuche illusorisch. Man kann durch unzählige Beispiele nachweisen, dass der procentige Gehalt des Harnes an einem Stoffe meist gar keinen Aufschluss über die Ausscheidungsgrösse ergiebt, dass eine Abnahme des Procentgehaltes in unregelmäßiger, geradezu mit einer Steigerung in der Gesamtausscheidungsquantität verbunden sein kann.

Wir haben z. B. gesehen, dass durch Wassertrinken die Menge des in 24 Stunden dem Körper durch die Nieren austretenden Harnstoffs und Kochsalzes ganz erheblich zunehmen kann. Der Harn, der dabei ausgeschieden wird, ist oft ungemein verdünnt, alleinige Berücksichtigung der procentigen Zusammensetzung trotz der Abschwächung in den Ausscheidungen eine sehr bedeutende Verminderung ergeben würde.

Wenn schon der Forderung der exakten Aufsammlung der Gesamtharnmenge eine längere Zeitperiode bei Kranken nur mit grosser Mühe zu genügen ist, so ist es für Ärzte bei quantitativen Harnanalysen in der dazu nothwendigen Regulirung eine kaum zu überwindende Schwierigkeit entgegen.

Die Physiologie lehrt uns, dass die Quantitäten der in einer bestimmten Zeit im Harn ausgeschiedenen Stoffe vor allem von der während derselben Zeit aufgenommene Nahrung abhängig seien. Es entspricht in normalen Körperverhältnissen die Ausscheidungs- und Harnmenge genau der Nahrungsmenge; wir sehen bei gerade genügender Nahrung den Gleichgewichtszustand in den Aufnahmen und Ausscheidungen eintreten. Die Menge der im Harn ausgeschiedenen Stoffe allein abhängig von der Nahrung.

Eine ähnliche Abhängigkeit von der Nahrung zeigen die Ausscheidungen auch in einer mehr indirekten Weise. Die Untersuchungen haben mit aller Sicherheit gezeigt, dass die Quantität der Körperausscheidungen, ganz abgesehen von Nahrungs- und Hungerzuständen während der Versuchsperiode selbst, abhängig sei von der vorangegangenen Ernährungsweise. Je reicher die Nahrung vorher war, desto reicher zeigt sich der Harn in der Folgezeit. Alle die tausendfältig, bei jedem Einzelnen wiederkehrenden, ewig wechselnden Körperzustände, die wir durch die Nahrungsverhältnisse bedingt

von Einfluss auf die Harnausscheidung. Wir wissen, dass die verschiedensten Nahrungsmittel je nach den verschiedensten Körperzuständen der Essenden für die Erhaltung des Körpers die gleiche Wirkung hervorbringen können, während wir andererseits ebenso sehen, dass gleiche Nahrungsbedingungen bei verschiedenen Individuen zu den abweichendsten Resultaten in Beziehung auf ihren Körper und damit auf die Harnausscheidung führen.

Diese Einflüsse der Nahrung auf die Harnbildung zeigen sich so mächtig, dass man ohne zu zweifeln könnte, ob quantitative Harnanalysen in Krankheiten irgend welche Aufschlüsse ergeben können.

Es ist in der Ueberszahl der Fälle — in Spitälern nicht weniger wie in der Privatpraxis — dazu unausführbar, die Krankennahrung so zu regeln, dass sich der Arzt mit der Sicherheit wie sie zu einer quantitativen Vergleichung nöthig ist, von ihrer chemischen Zusammensetzung Rechenschaft geben könnte.

Wenn man aus einem Mehr oder Minder in der Harnausscheidung Schlüsse auf die Ernährungsverhältnisse im Organismus ziehen will, muss man als erste Bedingung die Quantität der eingeführten Stoffe nicht nur approximativ kennen. Und Jeder, der es versucht, findet, wie ungemein schwierig eine genaue chemische Regulirung der Nahrung schon gesunden ist.

Man zu erfahren, welche Stoffe und welche Quantitäten davon aufgenommen worden, genügt es, wie ich gezeigt habe, in den meisten Fällen nicht, nach der Zubereitung der Speisen, diese der genauesten chemischen Analyse zu unterwerfen. Die Quantitäten der Nahrungsmittel, die man zu einer Analyse verwenden kann, sind relativ so klein, wie auch aus mehreren Analysen, geschweige denn aus einer, keine irgend brauchbare Anzahl erhalten können, da die verschiedenen Schichten derselben Speise vermöge der Zubereitungsweise die verschiedenste chemische Zusammensetzung erkennen lassen. Bei Broden leuchtet es ein, dass die Rinde, welche an einer Stelle mehr, an einer andern weniger bei dem Processe des Backens verändert worden ist, jeder genauen Durchschnittsnahme ihrer Zusammensetzung trotzen wird. Bei dem gebratenen Fleische ist der Fettgehalt in den äusseren Partien von dem in den inneren um mehrere Procente verschieden, noch ebenso der Stickstoffgehalt, wie mir direkte Untersuchungen ergeben haben. Gleiches ist es bei fast allen Speisen.

Man muss also, wenn die Nahrung geregelt werden soll, mit all den Cautelen verfahren, wie sie bei den Ernährungsversuchen namhaft gemacht worden sind.

Für die zur Nahrung verwendete magere Fleisch muss auch hier frisch mit der Schere von den sichtbaren Fettpartikelchen befreit werden, damit seine Zusammensetzung möglichst constant ist; alle zur Zubereitung verwendeten Zuthaten, Salz, Fett, Gemüse, Obst, Brod etc. müssen die genaueste chemische Analyse. Die Zubereitung muss, damit Nichts verloren geht (z. B. in den Kochgeschirren anhaften bleibt), von dem Untersuchenden selbst geleitet werden. Und schliesslich muss der zu Ernährende das Gekochte vollkommen aufessen, der Rest nicht einer neuen chemischen Analyse unterworfen werden soll.

Man stellt sich also den quantitativen Harnbestimmungen zu ärztlichen Zwecken Hindernisse über Hindernisse in den Weg, welche, so wie die Sachen stehen, kaum überwindlich sind.

Nach giebt es ein Verfahren, welches den aus der Ernährungsweise hervorgehenden Theil der Schwierigkeiten leichter vermeiden lässt.

Es scheint, dass der Arzt mit Aussicht auf Erfolg quantitative Harnanalysen nur an ganz oder nahezu hungernden Individuen vornehmen kann.

Die Körperzustände bei Kranken geben dazu einfache Gelegenheit, da ja so häufig alle Nahrung verweigert wird. In anderen Fällen kann durch Darreichung flüssiger Nahrungsmittel, die verhältnissmässig leichter chemisch zu untersuchen sind, die Aufgabe wesentlich erleichtert werden. Alles, was flüssig gereicht werden kann, erlaubt nach sorgfältiger Mi-



schung eine Durchschnittsanalyse, die auch einen etwa nicht gemessenen Betrag seiner chemischen Zusammensetzung berechnen lässt.

Immerhin bleiben auch dann doch grosse Bedenken, welche eine quantitative Analyse nur bei ganz scharfer Fragestellung, bei genauer Uebersicht, was sie leisten soll und kann, mit aller Rücksicht auf das bekannteste, das Verhalten der physiologischen Harnausscheidung von dem Nutzen für den Arzt erscheinen lassen.

Wir werden im Einzelnen noch einmal auf die möglichen Leistungen einer Bestimmung der einzelnen, normalen Harnbestandtheile zurückkommen.

Für den Arzt erscheinen die quantitativen Harnbestimmungen von Bedeutung, von grosser aber die qualitativen.

Sie stellen sich auf den Boden der alten Harninspektion, welcher Schwindel sie hervorgerufen hat, ein sehr bedeutender, diagnostisch nicht abgesprochen werden kann.

Der Harn zeigt bei verschiedenen Körperzuständen gewisse Veränderungen, welche letztere uns sicher bestimmte und oft ganz unentbehrliche Anhalt zur Erkennung des ersteren liefern können. Manche Gesammt- und Theilbestandtheile des Organismus sind geradezu nur aus der Untersuchung des Harns zu erkennen.

Ausser den oben genannten normalen Bestandtheilen enthält der Harn bei Krankheiten noch eine Reihe anderer Stoffe: Albumin, Fibrin, Blut, Gallenfarbstoffe, Gallensäuren, Leucin, Tyrosin, Zucker, (Inosit), Fette.

Die Farbe, der Geruch, das specifische Gewicht des Harns zeigen Veränderungen, welche gewisse Schlüsse auf Körperzustände zulassen. Es können sich Niederschläge (Sedimente), Zumischung organischer Stoffe in dem Harn vorfinden.

Die Ansicht, dass den einzelnen Krankheitsformen eine bestimmte, selbst charakteristische Beschaffenheit des Harns entspreche, gilt nur für gewisse Krankheiten, welche gerade von einer bestimmten Veränderung des Verhaltens des Harnes ihre Bezeichnung entlehnen. Natürlich muss Albuminurie der Harn Eiweiss enthalten, bei Hämaturie Blut, in der Harnruhr (Glycosurie oder Diabetes mellitus) Zucker. In anderen Krankheiten wie bei Typhus, Pneumonie etc. ergiebt der Harn an sich kein charakteristisches Zeichen für die Erkennung des Krankheitsprocesses selbst, dagegen können gewisse Komplikationen der Krankheit verändernd auf den Harn einwirken.

Häufig vermag die qualitative Harnuntersuchung dem Arzt ganz wichtige Aufschlüsse zu ertheilen, die besonders dann von Werth sein werden, wenn es sich um Behandlung Abwesender handelt. Man kann häufig schon aus dem blossen Ansehen erkennen, dass ein Kranker Fieber hat oder nicht. Aus dem Geruch des Harnes und seiner Farbe verrathen gewisse Speisen oder Arzneien, welche der Kranke zu sich genommen hat: Spargel, Terpentinöl (weilchenartig), Harbitter etc. Samenfäden im Harn rühren meist von einer Pollenruhr her; während der Menstruation enthält der Harn der Frauen Eizellen, welche in ziemlicher Menge etc.

Gehen wir etwas näher mit Benutzung der Arbeiten von LIEBIG, GORTZ-BESANDT, HOPPE-SEYLER, NEUBAUER, C. VOIT u. A. auf einige, wichtige Veränderungen des Harns ein.

der Folge angeführten Titirflüssigkeiten sind in vielen chemischen Fabriken (auch bei BUCHNER) käuflich.

**Farbe.** Die normale gelbe Farbe des Harns wechselt unter verschiedenen Umständen von Farblos bis zum Roth und Rothbraunen. Die farblosen Harns deuten auf eine bedeutende allgemeine Verdünnung mit sehr geringem specifischen Gewichte, wie sie durch übermässiges Wassertrinken (Wassercuren) erzeugt werden kann. Als Krankzeichen findet sich ein fast farbloser Harn bei Zuckerharnruhr, hier aber mit hohem specifischen Gewichte verbunden. Dunkle Färbung zeigen concentrirte Harns z. B. nach heissen, starken Bewegungen mit viel Schweiss und wenig Getränk. Sie setzen meist bei Erkalten ein Sediment ab. Der Arzt nennt sie »hochgestellt«, sie sind charakteristisch für fieberhafte Erkrankungen. Blasser Harn schliesst mit fast absoluter Sicherheit eine heftigere, acute, fieberhafte Krankheit aus.

**Harnfarbe** kann durch Blutfarbstoff verändert werden. Je nachdem mehr oder weniger Blut im Harn enthalten ist, wird die Farbe gelbroth, blutroth, braun bis schwarz. Nachweis des Blutes geschieht vor allem mit dem Mikroskop, welches Blutkörperchen oder weniger verändert nachweist. Bluthaltiger Harn ist auch stets eiweisshaltig.

**Gallefarbstoffe** färben den Harn gelbgrün, braungrün, gelbbraun. Um sie nachzuweisen, benutzt man die Gmelin'sche Probe. Man bringt in ein Proberöhrchen von dem Harn herein und setzt nun vorsichtig rauchende, concentrirte Salpetersäure zu. Man lässt das geneigte Probegläschen an der Wand hinabfliessen, sodass sich Harn und Salpetersäure nicht mischen. Die schwerere Salpetersäure sinkt auf den Boden des Glases. An Berührungsstelle des Harns mit der Säure bilden sich die bei dem Gallefarbstoff beobachteten Regenbogenfarben. Der Schaum des gallefarbstoffhaltigen Harns ist gelb. Ein eingetauchtes, weisses Filtrirpapier, das genässte Hemd, färbt sich bei Concentration der Gallebeimischung gelb. Gallenfarbstoff kommt im Harn bei Verschluss Gallenwege in den Darm (Icterus) vor.

**Test** fehlen die Gallensäuren neben dem Farbstoffe nicht. Die PETTENKOFER'sche Probe, welche auf der Rothfärbung der gallensäurehaltigen Flüssigkeit bei Zusatz Rohrzucker und concentrirter Schwefelsäure beruht, gelingt im frischen Harn nur schwer im eingedampften. Um die Gallensäuren sicher nachzuweisen, verdampft man im Wasserbade eine Portion Harn bis fast zur Trockene und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. Den alkoholischen Extrakt lässt man wieder verdampfen, löst den Rückstand in wenig Wasser und bringt ihn für die PETTENKOFER'sche Probe in ein Probirröhrchen. Nun setzt man 2-3 Tropfen Zuckerlösung (4 Theil Zucker auf 4 Theile Wasser) und darauf reine, concentrirte Schwefelsäure zu. Die Flüssigkeit wird nach einiger Zeit (Schütteln) kirschroth, später purpurviolett. Man kann auch von dem trockenen Weingeistextrakt auf einem Porzellanschälchen eine kleine Probe mit einem Tröpfchen Zuckerlösung und verdünnter Schwefelsäure zusammenreiben und nun auf einer möglichst kleinen Flamme bei ganz geringer Temperatur, unter fortwährendem Anblasen und Wegnehmen von der Flamme, verbrennen. Die eingedampfte Masse wird dann schön purpurroth (NEUKOMM).

**Indican** In manchen Harnen bildet sich beim Stehen hie und da ein blauer Niederschlag, indem aus farblosen Indican Indigo wird. Bei Gesunden und Kranken lässt sich öfters durch concentrirte Salzsäure oder Salpetersäure aus dem Harn der blaue Farbstoff in reichlicher Menge fallen. Der Harn wird dann zuerst röthlich, später blau. Bei Nierenkrankheiten (s. Brightii) soll der blaue Farbstoff in grösserer Menge vorkommen und sich auch leicht absetzen.

**Eiweiss im Harn.** Ist Blut im Harn nachzuweisen, so muss sich auch Eiweiss in ihm nachweisen lassen. Bei abnorm gesteigertem Blutdruck findet sich ebenfalls meist Eiweiss im Harn.

**Erkrankungen der Nieren,** welche zu einer Abstossung der Epithelien der Harnkanälchen führen, findet sich im Harn stets ein mehr oder weniger beträchtlicher Eiweissgehalt.



Aus dem durch das Abstossen der Epithelzellen nun nackten Stroma sickert an neuen Anfängen der Lymphgefässe direkt eiweisshaltige Lymphe aus, die sich beimischt. Die Anwesenheit der Epithelien in den gesunden Harnkanälchen ist die Grund, warum aus dem Blute, welches in die Glomeruli eintritt, kein Eiweiss austreten kann. Sind die Zellen entfernt, so tritt aus dem Blute mit den Erythrocyten auch Eiweiss in die Nierenausscheidung herein.

Blut mit Blutkörperchen gelangt in den Harn durch Gefässzerreissung. Es ist von selbst, dass diese Gefässzerreissung, wenn wir Blut im Harn finden, nicht selten selbst stattgefunden haben muss. Das Blut kann sich auf dem ganzen Wege durch den Harn zu durchlaufen hat, diesem mittheilen. Das Vorkommen von Menstrualblut zeigt, dass auch an der Harnröhrenmündung selbst noch eine solche Beimischung den kann.

Der Nachweis des Eiweisses im Harn ist sehr einfach.

Eine kleine Menge des Harnes erhitzt man im Proberöhrchen, ohne weiteren Harn schon sauer reagirt, oder nach schwachem Ansäuern mit einem Tropfen Essigsäure bei alkalischer oder neutraler Reaktion zum Kochen. Enthält der Harn Eiweiss, so entsteht dadurch (bei 70°) ein Coagulum oder eine mehr oder weniger dichte weisse Trübung, welche auf Zusatz von Salzsäure nicht verschwindet. Verschwindet dabei der Niederschlag, was in alkalischem oder neutralem Harn der Fall sein kann, so bestand er nicht aus Eiweiss, sondern aus phosphorsäueren Erden. Um das Ansäuern des Harnes zum Zweck der Albuminbestimmung hat man sich sorgfältig vor Ueberschuss von Essigsäure zu hüten, da diese in der Wärme das Albumin zu coaguliren mag. In einer eiweisshaltigen Flüssigkeit, also auch im Harn, erzeugt Salpetersäure einen flockigen, weissen Niederschlag, der sich in sehr viel Wasser wieder auflöst. Dem Kochen ist auch diese Probe auf Eiweiss stets anzustellen. Die meisten Salze, auch Alaun bewirken in Eiweisslösungen Niederschläge. Um die Anwesenheit von Eiweiss nachzuweisen, kann man auch die Fällung mit Sublimat (Quecksilberchlorid) anwenden.

In manchen Fällen kann es wünschenswerth sein, nachzuweisen, ob das in der Harnflüssigkeit aufgelöste Blutkörperchen stammt. Die Harnfarbe muss dann auf Blut hinweisen, dass das Mikroskop Blutkörperchen nachzuweisen vermag. Das Eiweissgerinnungsfähigkeit des Harnes ist dann meist rothbraun, oder röthlich gefärbt. Kocht man diesen Harn mit schwefelsäurehaltigem Alkohol, so wird derselbe durch Aufnahme von Blutfarbe oder rothbraun gefärbt. Auch das Spektroskop (S. 359) kann hier Aufschluss geben. In dem Harn finden sich bisweilen bei Skorbut, putriden, typhösen Fiebern, bei hämorrhagischen Fiebern, nach Einathmung von Arsenwasserstoffgas und, wie Bamberger gefunden hat, bei Schwefelsäurevergiftung, alles Krankheiten, bei denen ein massenhafter Zerfall der Blutkörperchen (Blutdissolution) stattfindet.

Auch Beimischung von Eiter muss den Harn albuminhaltig machen.

Es versteht sich danach von selbst, dass jeder Nachweis von Eiweiss im Harn eine mikroskopische Untersuchung, welche Rechenschaft über die Quellen dieser Beimischung ergeben soll, erfordert.

Wenn viel Blut im Harn enthalten ist, so wird sich in ihm auch Faserstoff (Fibrinogene Substanz) finden. Die Blutcoagula sind so charakteristisch, dass sie auch mit freiem Auge nicht verkennen lassen. Manchmal sind die Blutcoagulationen in die Harnwege so mächtig, dass sie letztere verstopfen. Findet dies in den Harnleitern statt, so können wurmförmige, lange Coagula, die man für Würmer genommen hat, mit dem Harn entleert werden. Weiter unten im Harn noch mikroskopische Faserstoffcylinder im Harn kennen lernen. In manchen Fällen scheidet sich der Faserstoff erst nach einigen Stunden Stehen aus. Selten — in Gegenden häufiger (nach Rayer auf Isle de France) — kommt ein coagulables

nischung vor. Die Zumischung der Fibringeneratoren stammt aus einem Transsudat, das sich abnormerweise in den Harn ergossen hat (Lymphe cfr. oben).

Der Eiweissgehalt des Harnes hindert die chemische Bestimmung anderer Stoffe. Eiweissreicher Harn muss zu allen Bestimmungen zuerst von seinem Eiweiss befreit werden. Man thut dazu dasselbe und filtrirt es ab. Der filtrirte Harn wird dann etwaigen anderen chemischen Prozeduren unterworfen.

Für den quantitativen Nachweis des Eiweisses wird meist das durch Kochen des saueren, erhaltenen Eiweissgerinnsel auf einem bei 400°C getrockneten aschefreien Filter abfiltrirt, vollkommen ausgewaschen, bei 400°C getrocknet und gewogen. Die Berechnung der Eiweissmenge cfr. bei Harnsäure.

Quantitative optische Eiweissprobe nach A. VOGEL. — Für klinische Zwecke erleichtert durch diese Methode die Eiweissbestimmung sehr. Ihr System entspricht der optischen Milchprobe (cfr. S. 452). Eine von suspendirten Theilchen trübe Flüssigkeit wird mit Wasser verdünnt, bis sie in einer Schicht von bestimmter, gleichbleibender Mächtigkeit oben undurchsichtig geworden ist. Hat man ein für alle Male den Procentgehalt der Flüssigkeit an suspendirten Theilchen bis zu diesem Grenzpunkt für die verwendete Schichtstärke bestimmt, so kann man in der Folge aus der optischen Probe direkt den Procentgehalt des Harns an Eiweiss und aus der Gesammtharnmenge die absolute Quantität des Eiweisses berechnen. Die Methode lässt sich für alle Flüssigkeiten mit gleichmässiger Trübung anwenden, wie sich auch eine solche bei genügend verdünntem saueren Harn nach Kochen findet. Der Hauptapparat zur Eiweissprobe ist ein Trog, ein viereckiges, 10 Centimeter langes und ebenso breites Eisenblech, das zu einer Rinne zusammengebogen ist, deren Ränder sich bis auf 4 Ctm. nähern. Vorne und hinten ist dieser Blechtrog mit klappbaren Gläsern verschlossen, welche parallel gestellt sind und genau 6,5 Ctm. von einander abstehen. Die Rinne ruht auf einem zweckmässigen Fuss zum Stellen und Halten. Zudem bedarf man noch einer feinen Pipette von 10 Ccm. Inhalt in 0,4 Ccm. getheilt zum Abmessen des Harns, und ein Messgefäss für 100 Ccm., dann noch Proberöhrchen, Lampe, etc. Hat man die Gesammtharnmenge, das specifische Gewicht und die Reaktion des Harns bestimmt, so mischt man mit der feinen Pipette zunächst 6 Ccm. Harn in das Messgefäss, füllt mit destillirtem Wasser bis zur Marke = 100 Ccm., und schüttelt gut die Flüssigkeit um, was am besten durch mehrmaliges Umgiessen erreicht wird. Von dieser Verdünnung misst man (5—6 Ccm.) in einem Proberöhrchen mehrmals auf, und kühlt Rohr und Flüssigkeit in kaltem Wasser ab. Von der abgekühlten Probe giesst man in den Trog, und visirt mit einem Auge durch die Flüssigkeitsschicht nach der Flamme einer an einem dunklen Orte (Ecke) des Zimmers aufgestellten Stearinkerze. Ist der Lichtkegel noch sichtbar, so misst man eine neue Probe ganz wie die erste, aber mit etwas mehr Harn zu machen; ist der Lichtkegel schon bei der ersten Probe verschwunden, so hat man umgekehrt eine neue Probe mit weniger Harn anzustellen. Durch mehrfache Proben findet man so die Harnmenge bei der auf 100 Ccm. verdünnt der Lichtkegel eben nicht mehr sichtbar ist. Hat man, z. B. bei einer 24stündigen Harnmenge 2600 Ccm., 9 Ccm. Harn zur Vollendung der Probe verwendet, so dividirt man mit dieser Zahl 9 in 2,3553, der durch vielfältige Versuche bestimmt ist für die absolute Eiweissmenge, welche in der verbrauchten Harnmenge vorhanden war, um die Schlussreaktion herbeizuführen. Die gefundene Grösse (0,2617) gibt die absolute Eiweissmenge des untersuchten Harnes an. Um die absolute Quantität des im Harn ausgeschiedenen Eiweisses zu berechnen, multiplicirt man die Zahl für die absolute Eiweissmenge (in unserem Beispiel 0,2617) mit der Zahl der im Tage entleerten Centimeter Harn (nach unserer Annahme 2600 Ccm.), und dividirt mit 100. Die Rechnung ist also folgende:

$$\frac{2,3553}{9} \times \frac{2600}{100} = 6,8042 \text{ Gramm Eiweiss.}$$

Die Resultate sind ungemein genau und bei einiger Uebung rasch zu erlangen. C. WABEL hat in meinem Laboratorium bei Albuminurie 24stündige Eiweissmengen von 6,8042 Gramm.



Die klinisch so beliebte Schätzungsmethode der Eiweissmenge, den aus einer annähernd gleichen, im Proberöhrchen geschätzten Harnmenge an denselben Tagen beim Kochen niederfallenden Eiweissabsatz schätzend vergleicht, ist oben schon gedachten Irrthümern Veranlassung. Der Eiweissniederschlag kann heute massiger sein als den Tag vorher, und die Gesamteiwissmenge destoweniger abgenommen, da die ausgeschiedene Harnmenge noch bedeuten Eiweiss vermindert ist, das Gleiche gilt im umgekehrten Fall.

**Der Circumpolarisationsapparat und seine Anwendung.** Eine optische Erweite- und Zuckerbestimmung gestattet die Verwendung des Polarisationsapparates. organische Stoffe, meist von hohem Molekulargewicht, haben in Lösung die Eigenschaft, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen, und zwar entweder rechtsdrehende, oder nach links, linksdrehende Stoffe. Nicht drehende sind optisch inaktiv. Das »specifische Drehungsvermögen« der »optisch activen« feste Grösse. Man versteht darunter die Drehung, welche 1 Gramm Substanz in 100 Theile gelöst bei 1 Decimeter Länge der Röhre für gelbes Licht bewirkt. Das Circumpolarisationsvermögen einer Lösung ist dem Inhalte derselben an polarisirender Substanz proportional, wodurch die Bestimmung des Drehungsvermögens einer Lösung uns bekannten optisch aktiven Stoff enthält, Aufschluss über die Menge dieses Stoffes in der Lösung giebt. Der MITSCHERLICH'sche Apparat ist der in Laboratorien gebräuchlichste. Genauere Resultate giebt der theuerere VENTZKE-SOLEIL'sche Apparat.

Der erstere besitzt auf einem Stativ ein feststehendes Nicol'sches Prisma, planconvexe Glaslinse. In entsprechender Entfernung, so dass man eine mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte Röhre dazwischen legen kann, befindet sich ein zweites Nicol'sches Prisma in dem Centrum eines in Grade getheilten Kreises, in welchem ein Griff um seine Axe gedreht werden kann, ein am Prisma angebrachter Nonius lässt die Drehung des Prismas am Theilkreise ablesen.

Zur Ausführung der Beobachtung richtet man das ersigennannte Prisma derart gegen eine dicht davorstehende helle Petroleumlampe im verdunkelten Zimmer, dass man durch das erste im Theilkreis befindliche Prisma, dessen Zeiger auf 0° die Flamme. Bei richtiger Einstellung (bei 0° und 180°) trennt ein vertikaler Streif das erhellte Gesichtsfeld in zwei Theile. Man legt nun die mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte Röhre, die in der Mitte eine Eingussöffnung besitzt und an beiden Enden mit parallelen, zum Zwecke der Reinigung abschraubbaren Glasplättchen geschlossen, in den Röhrenträger zwischen die beiden Nikols. Ist der schwarze Streifen, der bei Anwesenheit der Flüssigkeit vorrückt vorhanden, so ist die Flüssigkeit inaktiv, ist er bei Anwesenheit einer optisch activen Substanz verschoben oder verschwunden, so dreht man an dem Zeiger, wobei das Licht in bestimmter Reihenfolge auftritt, entweder bis der schwarze Streifen, der bei Anwesenheit der Flüssigkeit vorrückt vorhanden ist, wieder in seiner alten Stellung sich befindet, wobei dann auf der einen Seite rothes, auf der anderen Seite blaues Licht sich zeigt, oder, wenn der schwarze Streifen ganz verschwunden ist, bis genau die eine Hälfte des Gesichtsfeldes roth, die andere blau ist. Nun liest man die Zeigerstellung ab. Ist die spezifische Drehung der Substanz (z. B. bei Zucker + 56 und bei Serumeiweiss — 56) bekannt, so ist die Bestimmung der Resultate sehr einfach. Ist  $\alpha$  die beobachtete, genau abgelesene Drehung,  $p$  die kannte spezifische Drehung (z. B. 56) und  $l$  die Röhrenlänge, so ist  $p = \frac{\alpha}{l}$ .

Gewicht des drehenden Stoffes in Grammen in 1 Kube. der Lösung ausgerechnet. Die untersuchende Flüssigkeit muss möglichst klar und ungefärbt sein. Die Anwendung des Apparates bei Eiweiss und Zucker ergibt sich aus dem Gesagten. Nach Beobachtung im Harn bei Eiweiss und Zucker ergibt sich aus dem Gesagten, dass nach 24 Stunden hat man das optische Resultat einfach mit der Harnmenge zu multipliciren. Bestimmt man Zucker, so dreht man dabei an dem Griff des Apparates 0° nach rechts, bei Eiweiss von 0° nach links.

**Zucker im Harn.** Der Harn soll Traubenzucker schon im normalen Zustande des Organismus in geringen Spuren enthalten.

Im pathologischen Zustande des Diabetes mellitus oder der Zuckerharnruhr findet sich eine so gesteigerte Zuckermenge im Harn, dass der Zuckernachweis eine Schwierigkeit für einen einigermaassen Geübten besitzt. Nur, wenn der Zucker im Harn leicht nachweisbar ist, ist er für den Arzt von Bedeutung.

Der Verdacht auf einen Zuckergehalt des Harnes entsteht, wenn der Harn in sehr grossen Mengen und sehr wenig gefärbt entleert wird und trotzdem ein höheres specifisches Gewicht als seine scheinbare Verdünnung vermuthen liesse (1023—1030 und mehr).

Macht man in ein möglichst enges Proberöhrchen von dem auf Zucker zu prüfenden Harn etwas Natronlauge zu, schüttelt, um beide zu mischen, und erhitzt nun den oberen Theil der Mischung, so färbt sich dieser bei Gegenwart von Zucker rothbraun (Maas'sche Probe).

Um die Trommer'sche Probe zu machen (cf. S. 68), versetzt man Harn in einem Proberöhrchen mit etwas Natronlauge und setzt nun vorsichtig eine geringe Menge einer äusserst feinen Lösung von schwefelsauerem Kupferoxyd zu, bis eben eine ganz geringe flockige Trübung in der Mischung eintritt, die sich trotz der starken Verdünnung der Kupferlösung blau färbt. Bei geringen Zuckermengen ist es besser, nur so geringe Kupferquantitäten zusetzen, dass noch keine Trübung deutlich wird. Erwärmt man die Mischung, so wird erst an der Oberfläche missfarbig, dann gelb, später setzt sich ein schön rother Niederschlag von reducirtem Kupferoxydul ab.

Bei der Böttcher'schen Probe setzt man zu dem Harn in der Proberöhre eine kleine Menge von dem officinellen basisch salpetersauren Wismuthoxyd (Magisterium Bismuthi), alsdann eine reichliche Menge concentrirter Lösung von kohlensauerem Natron (etwas Aetzkalklauge und erhitzt, längere Zeit anhaltend, zum Sieden. Bei der Anwesenheit von Traubenzucker färbt sich das zugesetzte Wismuthsalz grau und endlich schwarz durch Reduktion des Wismuthoxyds.

Verdampft man einige Tropfen eines zuckerhaltigen Harnes bei 400°C. zur Trockene und wäscht den Rückstand mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure und dampft wieder (in einem Porzellanschälchen), so entsteht ein intensiv schwarzer Fleck.

Mischt man zuckerhaltigen Harn mit Hefe zusammen, so wird, besonders rasch in einer Temperatur von 20—25°C., eine Gährung eintreten, welche Alkohol liefert. Man lässt in ein mit Quecksilber gefülltes in Quecksilber umgestürztes Glasrohr (Proberöhrchen) mittelst einer hakenförmig gebogenen, vorne zu einer feineren Spitze ausgezogenen Röhre (Pipette) etwas von dem zuckerhaltigen Harn, den man mit wenig Hefe versetzt, bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zeigt sich bald Gasentwicklung (Kohlensäure). Lässt man in die Flüssigkeit mittelst einer gleichen Pipette etwas Kalilauge aufsteigen, so wird das entwickelte Gas vollständig wieder absorbirt.

Wenn der Harn so arm an Zucker, dass sein Nachweis mit den genannten Proben nicht mit Leichtigkeit gelingt, so macht man ein weingeistiges Extrakt des Harnes, den man bei 400°C. zur Trockene verdampft hat. Der Weingeist wird verdunstet, der Rückstand wieder mit Wasser gelöst und mit ihm die Reduktionsprobe angestellt. Es besteht dann kein Zweifel.

Besteht im Harn keine schöne gelbe Färbung oder ein rother Niederschlag bei der Trommer'schen Reduktionsprobe, so darf man keinen krankhaften Gehalt an Zucker vermuthen. Eine Verfärbung, ein Missfarbigwerden tritt bei der Reduktionsprobe in jedem Falle ein, da der Harn noch einige in geringem Grade wie Zucker reducirende Substanzen enthält: Kreatinin, Harnsäure.

Die quantitative Methode der Zuckerbestimmung wird besonders zur Controlle therapeutischen oder diätetischen Erfolge (Fleischnahrung) bei Diabetes von Wich-



tigkeit. Sie basiert auf der Trommer'schen Probe. 1 Äquivalent Kramelzucker (Kupfer aus 10 Äquivalenten Kupfervitriol (4247,5).

Zur Anfertigung der Titrirflüssigkeit der Fehling'schen Kupferlösung löst man 34,65 Gramm reinen krystallisirten Kupfervitriol in etwa 100 Kcm. löst ferner 173 Gramm krystallisirtes, reines weinsaures Kalinatron in 600 Natronlauge von 4,12 spec. Gewicht, mischt dann beide Flüssigkeiten gut und Gemisch, bis es gerade 1 Liter beträgt. Die Flüssigkeit wird bei längerem Ansetzen Zersetzung leicht unbrauchbar, sodass sie beim Kochen ohne Zuckersatz. Sie ist im Dunkeln, kühl, in ganz gefüllten Flaschen aufzuheben.

Zur Ausführung der Analyse misst man 20 Kcm. der Fehling'schen Lösung ab, lässt sie in einen Glaskolben oder eine weisse Porzellanschale fließen, etwa das 4fache Volumen Wasser zu. Nun bringt man von dem Harn, dessen bestimmt werden soll, 10 Kcm. in ein Messgefäß und verdünnt, wenn er getrübt ist, bis auf 100 Kcm. mit Wasser. Von der gut gemischten Flüssigkeit füllt Burette. Man erhitzt nun durch eine kleine Flamme die verdünnte Kupferlösung beginnenden Kochen, versetzt zuerst mit 2 Kcm. des verdünnten Harnes, lässt kochen und beobachtet, ob die Flüssigkeit noch blau bleibt. Ist dies so setzt man ganz in derselben Weise wie das erste Mal verfahren, von 1 Kcm. fortschreitend, weiter Harn zu, bis die Flüssigkeit über dem entstandenen Niederschlag gerade farblos geworden ist. Man liest dann an der Burette ab, wie viel dem verdünnten Harn bis zur vollkommenen Reduktion verbraucht wurde, und daraus den Procentgehalt des unverdünnten Harnes an Zucker.

1 Kcm. der Fehling'schen Lösung von der oben angegebenen Konzentration genau 5 Milligramm Traubenzucker zur vollkommenen Reduktion alles Kupferoxyd entsprechen also 6,4 Gramm Zucker; die zur völligen Entfärbung der 20 Kcm. erforderliche Quantität Harn enthält also genau 6,4 Gramm Zucker. Waren der Reduktion der 20 Kcm. Lösung 15,5 Kcm. des verdünnten Harns erforderlich, der Harn auf  $\frac{1}{10}$  verdünnt, wie oben angegeben wurde, so entsprechen die 15,5 Verdünnung 1,55 Kcm. Harn. Diese 1,55 Kcm. Harn enthalten genau 0,4 Gramm Zucker. 100 Kcm. Harn sind also:

$$\frac{100 \cdot 0,4}{1,55} = 6,45 \text{ Gramm Zucker.}$$

Diese Zahl hat man, um die 24stündige Menge des Zuckers zu finden, mit der Menge zu multipliciren und mit 100 zu dividiren.

Die Liebig-Knapp'sche Methode der quantitativen Zuckerbestimmung beruht darauf, dass Traubenzucker in alkalischer Lösung Cyanquecksilber zu Quecksilber reducirt.

Man löst 100 Gramm reines, trockenes Cyanquecksilber in Wasser, setzt 1000 Kcm. lange von 1,445 spec. Gewichte zu und verdünnt zum Liter. Mit dieser Lösung verfährt man wie nach der Fehling'schen Methode ausgeführt. Man bringt 10 Kcm. der Lösung entsprechend 0,4 Gramm Traubenzucker in einer Porzellanschale zum Sieden, von der verdünnten Zuckerslösung (etwa 0,5% Zucker enthaltend) so lange zu, bis sich ein Niederschlag ausgefällt hat. Beim Beginn des Zusatzes trübt sich die Lösung, später wird sie gelblich. Die Reaktion ist beendet, wenn ein Tropfen der Lösung auf ein Filtrirpapier durch darüber gehaltenes concentrirtes Schwefelammonium in eine braune nicht mehr gebräunt wird. Gegen Ende der Reaktion zeigt sich nur noch ein brauner Ring am Rande, den man am besten beim Halten des Papiers gegen ein Weisses Papier erkennt. Diese Endreaktion ist scharf, die Lösung haltbar. (Die optische Bestimmung des Zuckers durch Polarisation cf. bei Eiweiss).

Ärztliche Bemerkungen. — Diabetes mellitus. Die gesteigerte Zuckerauscheidung im Harn hat meist einen noch ziemlich dunklen pathologischen Grund. Diabetes. Er tritt hier und da nach sehr heftigen Gemüthsbewegungen auf, sodass

ne centrale Ursache denken müssen. Experimentell kann Diabetes hervorgerufen werden durch Verletzung einer umschriebenen Stelle am Boden des vierten Ventrikels: Zuckerharn, ebenso durch Curare. Nach Scurr's Behauptung bringt jede Cirkulationsstörung in diesen Gefässbezirken durch Lähmung der Gefässnerven oder Unterbindung der Gefässe Diabetes hervor. Wahrscheinlich ist bei Diabetes theils die Glykogen- oder Zuckerbildung in der Leber gesteigert, theils die Oxydation des Glycogens oder Zuckers im Blute gehindert. Im Harn der Diabetiker enthält das Blutserum mehr Zucker als bei Gesunden. Bringt man durch Lösung von Zuckerlösung den Zuckergehalt des Blutes auf wenigstens 0,5% (LEHMANN), so ist der Zucker theilweise in den Harn über, was man auch durch übermässigen Zuckergehalt im Harn erreichen können. Bei Diabetikern nimmt der Zuckergehalt des Harns mit der reicheren Zufuhr von Kohlehydraten (Zucker, Stärkemehl) zu — mit der Zufuhr von magerer Nahrung dagegen ab. Nach Vergiftungen, welche wie Arsenvergiftung den Zuckergehalt der Leber aufheben, kann man durch Zuckerstich künstlichen Diabetes nicht erzeugen. Nach Curarevergiftung soll die Leber nicht reicher an Glycogen sein als bei Gesunden. Auch andere Sekrete als der Harn enthalten bei Diabetikern Zucker. Der gesteigerte Zuckergehalt des Harns führt zu den enormen, bei diesem Leiden beobachteten Harnausscheidungen. Der Harn ist neben dem Zucker auch oft sehr reich an Harnstoff, dagegen arm an Harnsäure; Kreatin und Kreatinin fehlen.

Die Bestimmung des Harnstoffs kann für den Arzt in qualitativer Beziehung nur selten von Bedeutung sein. Es müsste sich darum handeln, ob eine als Harn ausgegebene, verdächtige Flüssigkeit wirklich Harn ist, also Harnstoff enthält. Die von LIEBIG angegebene Methode der quantitativen Bestimmung des Harnstoffs im Harn durch Titrirung ist so einfach und leicht ausführbar, dass man sich ihrer in den meisten Fällen auch für qualitative Nachweisung bedienen wird. Der Harnstoff bildet mit Salpetersäure und Oxalsäure charakteristische schwerlösliche Verbindungen (s. unten bei Harn).

Princip der Methode LIEBIG's beruht in Folgendem.

Setzt man zu einer verdünnten reinen Harnstofflösung eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so bildet sich sofort ein Niederschlag, bestehend aus Harnstoffsalpetersäure und Quecksilberoxyd von konstanter Zusammensetzung (S. 70).

Setzt man zu einem Tropfen dieser Harnstoffquecksilbermischung einen Tropfen kohlenstoffsaures Natron, so entsteht so lange ein weisser Niederschlag, als noch nicht genügend salpetersaure Quecksilberoxydlösung zugesetzt ist, um allen Harnstoff auszufällen. Ist nur ein sehr geringer Ueberschuss von Quecksilberlösung zugefügt, so giebt kohlenstoffsaures Natron einen gelben Niederschlag. Dieser gelbe Niederschlag ist als Zeichen, dass der Harnstoff ausgefällt ist, die Endreaktion bei der Harnstofftitrirung.

Im Harn finden sich neben dem Harnstoff noch phosphorsaure Salze und Chlor, welche die Harnstoffbestimmung erschweren. Die Phosphorsäure, welche mit Quecksilberoxydsalzen einen Niederschlag giebt, muss vor der Harnstoffbestimmung ausgefällt werden. Um genaue Harnstoffbestimmungen zu erhalten, muss aus dem Harn auch das Chlor entfernt werden, was durch Ausfällen mit Silberlösung möglich ist. Setzt man zu einer Harnstofflösung, welche Kochsalz enthält, salpetersaures Quecksilber zu, so setzt sich letzteres mit dem Kochsalz zu Quecksilberchlorid und salpetersaurem Natron um. Das Quecksilberchlorid fällt den Harnstoff nicht. Es entsteht also in einer gemischten Lösung von Harnstoff und Kochsalz wie im Harn erst dann der geforderte Niederschlag, wenn alles Quecksilber getreten ist. LIEBIG gründete auf dieses Verhalten seine Chlorbestimmung im Harn, indem er den nach der Bindung des Chlors auftretenden Niederschlag mit Harnstoff als Endreaktion benützte. Im Harn bedingt also die Anwesenheit von Chlor einen manchmal nicht unbedeutenden Fehler der Harnstoffbestimmung. Man berechnet die Harnstoffmenge in der untersuchten Harnprobe nach der Zahl der zur Ausfällung des Harnstoffs aus der salpetersauren Quecksilberoxydlösung. Das Kochsalz, welches einen Ueberschuss an salpetersaurem Quecksilber für seine Umsetzung in Beschlag nimmt, wird also die Harnstoffmenge zu gross erscheinen lassen. Kennt man die im Harn enthaltene Chlor-



menge, so kann man auf einfache Weise an dem Resultat der Harnstoffbestimmung genügend scharfe Korrektur (Verminderung) anbringen. Nach LIEBIG giebt man 1 ccm. Harn, die man titrirt hat, im Mittel 1,5—2,5 ccm. der verbrauchten Anzahl Quecksilberlösung ab, was dem durchschnittlichen Chlorgehalt des Menschenharnes entspricht.

Zur Ausführung der Harnstoff-Titrirung bedarf man folgende Lösungen:

1) eine Lösung von kohlensaurem Natron, oder einen Brei von mit verdünntem doppelt kohlensaurem Natron.

2) eine Barytmischung. Man mischt 2 Volumen kalt gesättigtes Barytwasser mit 1 Volumen kalt gesättigtes Wasser (man lässt die Mischung stehen gelassen unter öfterem Aufschütteln) und 4 Volum ebenfalls kalt gesättigtes Wasser. Die Mischung muss in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt werden.

3) eine Normalharnstofflösung. Sie ist eine Lösung von 2 Gramm gut getrockneten, reinen Harnstoffs in Wasser, die so verdünnt ist, dass sie 100 ccm. beträgt.

4) titrirte salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Um sie herzustellen, ist in chemischen Fabriken käuflich, muss aber dann vor dem Gebrauch auf die Genauigkeit mit der Normalharnstofflösung geprüft werden; verdünnt man konzentrierte reine salpetersaure Quecksilberoxydlösung (welche mit Chlornatrium keine Trübung giebt) mit dem etwa 4fachen Volumen Wasser. Nach gehörigem Schütteln giebt man dieser verdünnten Lösung eine Burette.

Dann misst man mit einer Pipette 10 ccm. der Normalharnstofflösung, wiegen 100 ccm. Harnstoff enthalten, ab in ein kleines Becherglas. Nun setzt man einige Tropfen der Quecksilberlösung zu, wodurch ein Niederschlag entsteht, rührt und mischt mit dem Glasstabe gut und nimmt dann aus dem Bechergläschen mit dem Glasstabe etwas heraus. Diesen setzt man auf eine Glasplatte, welche man auf schwarzem Papier legt hat oder besser auf eine Porcellanplatte oder flachen Teller. Mit einem Glasstabe bringt man einen Tropfen der kohlensauren Natronlösung mit dem ersten Tropfen zusammen, dass man letzteren in die Mitte des ersten von dem Glasstabe abnimmt. Es entsteht dadurch ein begrenzter weisser Niederschlag, der auch nach 10 Minuten noch weiss bleibt, wenn noch kein Ueberschuss von Quecksilber zur Reaction zugesetzt ist.

Man fährt nun mit dem Zusetzen der Quecksilberlösung aus der Burette fort, bis die Lösung von 10 ccm. zu 10 ccm. vorschreitend so lange fort, bis der erst entstandene Niederschlag durch das eingetropfte kohlensaure Natron nach einigen Sekunden verschwindet. Es zeigen sich zuerst in der weissen Masse gelbe Körnchen. Ist ein Niederschlag citronengelb gefärbt, so hat man schon einen etwas zu grossen Ueberschuss von Quecksilber zugesetzt. Durch den Zusatz der Quecksilberlösung zur Harnstofflösung entsteht in dieser eine stark saure Reaction, durch welche das Gelbwerden der Flüssigkeit eintritt. Man setzt, wenn die erste leicht gelbe Färbung eingetreten ist, zu dem Bechergläschen so viel kohlensaure Natronlösung zu, dass die Reaction nur schwach sauer ist. Dann muss man meist noch etwas Quecksilber zusetzen, um einen Ueberschuss (gelbe Färbung des Tropfens mit kohlensaurem Natron) zu haben.

Die Quecksilberlösung soll so verdünnt sein, dass 1 ccm. von derselben 100 ccm. Harnstoff fällen und die gelbe Reaction giebt. Man muss, wenn die Lösung richtig ist, also 10 ccm. der Quecksilberlösung zu 10 ccm. der Harnstofflösung 20 Milligramm Harnstoff enthalten, geben. Hat man bei der geschilderten Verdünnung z. B. 6 ccm. der noch nicht richtig verdünnten Quecksilberlösung für die 10 ccm. Harnstofflösung verbraucht, bis die gelbe Endreaction eintrat, so muss man 6 ccm. der Quecksilberlösung noch 44 ccm. Wasser zuzufügen sein, um die Verdünnung zu erhalten. In Wirklichkeit darf man nicht ganz soviel Wasser zusetzen, man dadurch die Lösung zu sehr verdünnen würde. Hat man die Verdünnung

kommen, so titirt man von neuem 40 Cem. der Harnstofflösung in der oben geschilderten Weise und stellt dadurch fest, wieviel Harnstoff genau 4 Cem. der Quecksilberlösung entspricht. Es liegt natürlich nicht viel daran, ob 4 Cem. gerade 40 Milligramm oder einer geringen oder kleineren Quantität Harnstoff entspricht. Die runde Zahl 40 erleichtert nur Berechnung etwas.

Die Harnstoffbestimmung im Harn hat nach dem Gesagten nun keine wesentlichen Schwierigkeiten mehr. Nachdem man die gesammte Harnmenge, welche während bestimmten Zeit, für die man die Harnstoffausscheidung bestimmen will, meist 24 Stunden, gesammelt und genau mittelst eines Messglases gemessen hat, muss man sich zuerst überlegen, ob der Harn eiweissfrei ist. Enthält er Eiweiss, so misst man 400 Cem. in einem Messglase ab und kongulirt in einer Porzellanschale das Eiweiss nach den angegebenen Regeln der Lampe. Nach dem Kochen bringt man die ganze Flüssigkeit in das Messgefäss ab, spült die Schale mit einigen Tropfen Wasser aus und ersetzt das bei dem Kochen verbrauchte Wasser durch destillirtes, bis wieder 400 Cem. erreicht sind. Den Harn mit Niederschlag bringt man dann auf ein unangefeuchtetes Filter. Der filtrirte Harn kann dann Weiteres genau so behandelt werden wie eiweissfreier, ohne dass die Berechnung Resultate etc. irgend welche Aenderung erleidet. Ebenso verfährt man bei der Zuckerbestimmung und allen anderen Bestimmungen in etwa eiweisshaltigem Harn.

Phosphorsäure und Schwefelsäure müssen nun zuerst aus dem Harn entfernt werden. Man misst dazu 2 Volumina Harn in ein Becherglaschen und versetzt sie mit 4 Volumina der beschriebenen Barytmischung. Zu diesem Zwecke bedient man sich entweder einer Pipette, welche 20 Cem. abmessen lässt, die man zweimal mit Harn und einmal mit Barytmischung füllt; oder man füllt ein Proberöhrchen zweimal mit Harn und einmal mit Barytmischung an. Um die Volummessung in dem Proberöhrchen genau zu machen, reibt man den Gipfel der Flüssigkeit an dem ganz gefüllten Proberöhrchen mit einem Glasstabe ab. Die zusammengeworfenen Flüssigkeiten werden gut gemischt und auf ein angefeuchtetes Filter gebracht. Von der filtrirten Flüssigkeit misst man mit einer abgemessenen Pipette 45 Cem. heraus, welche nach der angegebenen Mischung 40 Cem. enthalten.

Die Harnflüssigkeit wird nun genau nach denselben Regeln titirt, die oben bei der Harnstofflösung angegeben wurden. Man setzt je 4 Cem. Quecksilberlösung zu und jedesmal einen mit dem Glasstabe nach gutem Rühren herausgenommenen Tropfen auf eine Glas tafel mit schwarzer Unterlage oder auf der Porzellanplatte mittelst eines kohlensaueren Natrons. Tritt die erste Gelbfärbung des vorher weissen Niederschlages im Tropfen ein, so ist die Titrirung beendet.

Man liest nun die Zahl der verbrauchten Cem. der Quecksilberlösung an der Burette ab. Hat man für die 40 Cem. Harn, welche in den titrirten 45 Cem. der filtrirten Harnmenge enthalten sind, 20 Cem. Quecksilberlösung verbraucht, von welcher je 4 Cem. 40 Milligramm Harnstoff entspricht, so enthalten die 40 Cem. Harn 0,2 Gramm Harnstoff, also 2 Gramm. Um zu finden, wieviel Harnstoff im Tage (24 Stunden) ausgeschieden ist, hat man nun eine sehr einfache Rechnung. Nehmen wir an, die Gesammtharnmenge in 24 Stunden hätte 4500 Cem. betragen, so würden während dieser Zeit ausgeschieden:

$$\frac{4500 \cdot 0,2}{40} = 30 \text{ Gramm Harnstoff.}$$

Bei grösserem oder geringerem Gehalt des Harns an Harnstoff hat man noch Correkturen an den direkt gefundenen Werth anzubringen. Hat man zur Titrirung mehr als 30 Cem. Quecksilberlösung verbraucht, so setzt man vor der Prüfung mit kohlensauerem Natron der Lösung die Hälfte der mehr als 30 Cem. verbrauchten Cem. an Wasser zu. Hat man weniger als 30 Cem. verbraucht, so zieht man für je 5 Cem., die man weniger verbraucht hat, 0,4 Cem. ab und berechnet erst den so erhaltenen Rest der Cem. auf Harnstoff. Das spezifische Gewicht des Harnes hängt bei nicht zuckerhaltigen Harnen hauptsächlich vom Harnstoffgehalt ab. Für die raschere Harnstoffbestimmung ist es von Werth zu



wissen, dass man die beiden hinteren Zahlen des gefundenen spezifischen Harnes nur zu verdoppeln hat, um annähernd die Zahl der Kcm. zu erhalten, 45 Kcm. Harnmischung, nach der oben angegebenen Methode hergestellt, nur bis die Endreaktion eintritt, oft weniger.

Im Hundeharn ist die Menge der Phosphorsäure so gross, dass man die H. mit gleichen Volumen Harn und Barytmischung herzustellen hat.

Bemerkungen für den Arzt. — Wir haben im Allgemeinen schon über welchen quantitative Bestimmungen von Harnbestandtheilen für den Arzt ausgesprochen. Alles, was dort im Allgemeinen gesagt wurde, gilt im Besonderen von dem Harnstoff, das Hauptprodukt des Eiweissumsatzes. Alle anderen stickstoffhaltigen Bestandtheile stehen normal zur Menge des Harnstoffs in einer einfachen Beziehung. Mehr Harnstoff im Körper erzeugt (z. B. durch vermehrte Nahrungszufuhr) mit ihm entsprechend mehr Harnsäure, Kreatinin, bei Hunden Harnsäure, ausgeschieden. Auch die Schwefelsäure und Phosphorsäure stammen im Harn aus dem Umsatz der Albuminate, wenn sie nicht als Medikament dargereicht. Vermehrung und Verminderung hat also fast genau die gleiche Bedeutung wie Harnstoff und wird meist mit letzterer gleichzeitig eintreten.

Die Vermehrung der Ausscheidung der genannten im Harn enthaltenen Stoffe ist bei Gesunden wie Kranken vor allem von gesteigertem Appetit und dadurch gesteigerter Nahrungsaufnahme abhängig. Im Fieber ist jedoch auch ohne Nahrungsaufnahme die Ausscheidung gesteigert. Dies rührt her von einer gesteigerten Zersetzung der Albuminate wie aller anderen Körperstoffe im Fieber, welche auch durch die Gewichtsabnahme und den Kraftverlust durch fieberhafte Krankheiten bewiesen wird. Es kommen unabhängig von der Nahrung momentane Harnstoffvermehrungen vor, entweder durch plötzliche Ausscheidung im Körper aufgehäuften Harnstoffs oder durch inneren Ursachen gesteigerte Eiweisszersetzung erklären, z. B. bei Resorption von Güssen. Verminderung der Harnstoffausscheidung hängt meist von verminderter Nahrungsaufnahme ab, in seltenen Fällen von einem Zurückhalten gebildeten Harnstoffs im Körper.

Bei allen akuten fieberhaften Krankheiten (Pneumonie, Typhus) ist der Gang der Harnstoffausscheidung gewöhnlich folgender (J. Vogel): Im Anfang des Fiebers vorüber ist, erscheint die Harnstoffmenge, trotz gleichzeitiger Verminderung der Urinmenge in der Regel bisweilen sehr bedeutend, bis auf 50, 60 ja 80 Gramm in 24 Stunden. Später, nach Nachlass des Fiebers die Erholung des Stoffverbrauches nachgelassen hat, wenn dauernde Störung des Appetits eine verminderte Nahrungsaufnahme bedingt, sinkt die Harnstoffmenge unter die Norm. In der Rekonvaleszenz erhebt sie sich allmählich zur Norm, um diese bei gesteigertem Appetite häufig zu übertreffen. Natürlich ist der regelmässige Gang durch individuelle Verhältnisse vielfach modificirt.

Bei Wechselfieber steht die Harnstoffausscheidung in bestimmter Beziehung zur Körpertemperatur, mit der sie sinkt und steigt. Während der Apyrexie sinkt die Ausscheidung unter die Norm. Uebrigens gilt für alle fieberhafte Temperaturverläufe das selbe Gesetz an. Die Vermehrung ist selbstverständlich relativ, entsprechend dem Stoffwechsel des Patienten, sodass normale Harnstoffmengen in Krankheiten schon eine bedeutende fieberhafte Steigerung der Harnstoffbildung bedeuten.

Bei den meisten chronischen Krankheiten, die mit Verminderung des Eiweissumsatzes im Körper und mit mangelhafter Ernährung verbunden sind, sinkt die Harnstoffmenge unter die Norm, durch inzwischen eintretende Steigerungen des Leidens (wie durch Febris hectica etc.) wird sie hie und da für kürzere oder längere Zeit wieder gegen das tödtliche Ende vieler Krankheiten, in denen der Körper wie im Aussehungszustande aufgezehrt wurde, ist die tägliche Harnstoffmenge oft ungemein gering. Durch Ablagerung wässriger, hydropischer Ergüsse in die Harnwege kann die Harnstoffausscheidung manchmal plötzlich sinken, da sich in den gewöhnlichen

den Harnstoff aufhäufen kann. Werden solche Ergüsse resorbiert nach therapeutischer Wirkung oder durch im Körper selbständig zur Wirksamkeit gelangte Ursachen, so kann, schon oben gesagt, auch aus diesem Grunde die Harnstoffausscheidung und die Harnmenge mit einem Mal sehr gesteigert werden, ohne dass die äusseren Ernährungsverhältnisse einen Wechsel erlitten hätten.

Wird ohne hydropische Ergüsse Harnstoff im Körper zurückgehalten, z. B. bei Nieren- oder Cholera, so tritt Harnstoffvergiftung im Körper ein.

Nach starken Blutverlusten (Operationen) ist die Harnausscheidung und die Harnausscheidung für einige Zeit vermindert, nach etwa 2 Tagen steigen beide auch ohne Wunde. Durch Flüssigkeitseinsprützen in die Gefässe steigt bei Thieren die Harnausscheidung nach Blutverlusten sogleich, ebenso verhält sich die Galleausscheidung, die bei Blutverlusten auch sehr bald cessirt (cf. S. 284). Auch hydropische und exsudative Ergüsse verändern die ganze Harnausscheidung. Bei Ruhr fand ich auch äusserst geringe tägliche Harnstoffmengen.

Die Harnvergiftung des Blutes entsteht dann, wenn durch gehemmte Nierenausscheidung die in den Körperorganen gebildeten Harnbestandtheile im Blute zurückgehalten und angehäuft werden. Dieser Zustand hat seit älteren Zeiten das Interesse der Aerzte auf sich gezogen. Man hatte früher die komatösen Erscheinungen, die Zuckungen und Krämpfe, die auf Unterdrückung der Nierenfunktion eintreten, allein dem gesteigerten Gehalt des Blutes an Harnstoff zugeschrieben. Die Untersuchungen ZALESKY's haben ergeben, dass solche Erscheinungen (Koma) auch bei Vögeln und Schlangen eintreten, denen er die Harnleiter ausgeschnitten oder die Ureteren unterbunden hatte, welche Thiere normal keinen Harnstoff bilden und entleeren. Ihr Harn besteht hauptsächlich aus Harnsäure.

So ist damit der Beweis geliefert, dass der Harnstoff bei den urämischen Erscheinungen wenigstens nicht allein beschuldigt werden darf. Sicher kommen neben ihm auch andere Stoffe und Agentien zur Wirkung, welche Veränderungen der normalen Zustände des Gehirns und der Nieren hervorbringen. TRAUBE zeigte, dass schon ein gesteigerter Wassergehalt des Gehirns (Oedem), wie er in Folge der verminderten Nierenausscheidung eintritt, komatöse Zustände, die der Urämie ähneln, erzeugen könne. MEISSNER lehrte, dass nach Einführung von Kreatinin ins Blut von Hunden bei diesen Mälgigkeit und Zuckungen eintreten. Nach Untersuchungen von CL. BERNARD, TRAUBE und mir über die Wirkung der Kalisalze lasse ich nicht an, auszusprechen, dass ein Theil des Symptomenkomplexes der Urämie auf die Anhäufung von Kalisalzen im Blute, die durch den Harn nicht entfernt werden können, beziehen.

Wir haben also hier ein kombiniertes Resultat vor uns, an dem sich verschiedene Einwirkungen, die einander auch theilweise ersetzen können, betheiligen. Dem Harnstoff muss aber auch eine wichtige Rolle bei der Erzeugung der Urämie zugeschrieben werden. Es ist gefunden, dass der Harnstoff für den Organismus (Frosch) ein sehr heftiges Gift ist. TRAUBE fand, dass Harnstoff, in Dosen von 1—2 Grmm. Kaninchen in das Blut eingespritzt, diese Erscheinungen hervorrief. Aus meinen Untersuchungen ergiebt sich, dass der Harnstoff für alle Organe und Gewebe des Körpers vollkommen unschädlich ist, mit einziger Ausnahme einer ganz eng umgrenzten Partie im Gehirn, deren normale Thätigkeit er durch Abwesenheit, ebenso wie wir das bei den »ermüdenden Stoffen« in Beziehung auf den Hirnstoff finden werden, vernichtet. Die durch die Harnstoffeinspritzung betroffene Hirnpartie liegt zwischen der Mitte des Grosshirns und der Mitte der Vierhügel (Frosch) wohin SCHERSCHENOW das von ihm aufgefundene Reflexhemmungscentrum verlegt. Die Wirkung der Harnstoffinjektion scheint mir primär eine Reizung des Reflexhemmungscentrums zu sein, aus der sich allmählich eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexsystems entwickelt. Alle Reflexe werden daher nach der Harnstoffinjektion zuerst träger, dann hören sie ganz auf, während Rückenmark, peripherische Nerven und Muskeln keine Veränderung ihrer Lebereigenschaften erkennen lassen. Da neben den Reflexen auch die Bewegungen nach Harnstoffinjektion aufgehoben sind, so scheint der Harnstoff auch



auf das nervöse Organ des Willens (in den Grosshirnhemisphären?) kann es ganz analog wie Harnstoff wirkt auch nach meinen Beobachtungen Hipparsäure konnte keine Wirkung von Kreatin und Bernsteinsäure sehen; Harnsäure und Natron fand ich ganz unwirksam.

Für den Arzt geht aus diesen physiologischen Mittheilungen hervor, dass nur Anregung der Nierenthätigkeit helfen kann. Blutentziehung kann, da sie dem Blute auch die Urämie erzeugenden Stoffe entzieht und eine Aufnahme in den Geweben in das Blut hervorbringt, wodurch die Gewebe mehr oder weniger befreit werden, eine momentane Besserung der Erscheinungen bewirken.

Die Nieren als Entgiftungsorgane des Körpers. — Schon oben führt, dass die Nieren wie die Lungen den Zweck haben, aus dem Körper Gifte, die aus dem Gewebsumsatz entstehen oder wie z. B. die Kalisalze in der Nahrung eingeführt werden. So lange die Nieren normal funktionieren, geschieht die Ausscheidung dieser Gifte so rasch, dass sie wenig Wirkung entfalten können. Bei Störungen in der Funktion kann das aber ganz anders werden. Hier werden sich die Wirkungen zeigen, die normal durch den Harn rasch ausgeschieden werden, sehr steigern können. Allen ist hier an die Kalisalze zu denken. CL. BERNARD und HERMAN haben auch bewiesen, dass Stoffe, die ins Blut gebracht, giftig, vom Magen aus abzuwirken (z. B. Kurare), sogleich ihre Wirkung auch von dort aus entfalten, wenn unterbunden wurden.

Zur quantitativen Bestimmung der Harnsäure verwendet man 100—200 Kcm. Harn setzt man mit 5 Kcm. konzentrierter Salzsäure und lässt sie 48 Stunden stehen. Zeit hat sich an dem Boden und den Wänden des zur Ausscheidung benutzten Glases die Harnsäure in mehr oder weniger grossen, gefärbten Krystallen angesetzt. Man kommt unter Zuhilfenahme einer kleinen abgestutzten Federfahne auf einem im Uhrglasapparat getrockneten aschefreien Filter zu sammeln. Nun wird das Filter mit Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser durch salpetersaures Silberoxyd käsig gefällt wird, also keine Salzsäure (Chlor) mehr enthält. Dann wird das Filter mit Krystallen von neuem bei 100°C. im Wasserbade getrocknet und gewogen, von dem das Filtergewicht abzuziehen. Aus der in 100 oder 200 Kcm. Harn gefundene Harnsäurequantität rechnet man auf die während eines Tages ausgeschiedene Gesamtharnsäure. Wenn in 1500 Kcm. Harn entleert werden, so beträgt die Gesamtharnsäurequantität dieser Zeit:

$$\frac{1500 \cdot 0,04}{100} = 0,6 \text{ Grmm.}$$

Die Harnsäure ist in Wasser etwas löslich. Nach ZARELIN und VOIT wird der geringste Fehler korrigirt, wenn man das Filtrat mit dem Waschwasser mischt und 1 Kcm. derselben 0,0045 Grmm. zu der gewogenen Harnsäurequantität addirt.

Bemerkungen für den Arzt. — In der Leukämie mit Milzvergrösserung ist die tägliche Harnsäuremenge sowohl absolut als relativ zum Harnstoff (sodante) (H. RANKE). Im Fieber, wenn die Harnstoffausscheidung gesteigert ist, ist auch eine korrespondirende Harnsäurevermehrung. In der chronischen Nierenschwäche ist die Harnsäuremenge im Harn vermindert. Im Diabetes mellitus soll zuweilen die Harnsäure im Harn ganz fehlen, zuweilen ist sie in normaler Menge vorhanden. Grosse Mengen salzsauren Chinins vermindern bei Gesunden die Harnsäure im Harn (H. RANKE). Bei Besprechung der Stoffvorgänge in der Milz wurde schon erwähnt, dass H. RANKE die Organe die Hauptstätte der Harnsäurebildung vermuthet.

Der qualitative Nachweis der Harnsäure wird bei Besprechung der Nieren gegeben werden.

Der Nachweis des Chlors im Harn geschieht qualitativ durch Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd in Lösung, wodurch ein weisser, käsiger Niederschlag entsteht, der an Licht schwarz wird: Chlorsilber, leicht löslich in Ammoniak.

Man lehrte eine einfache Titirmethode zur quantitativen Bestimmung des Chlorkochsalzgehaltes im Harn. Zu dieser Bestimmung bereitet man sich eine Lösung aus einem, geschmolzenem, salpetersauerm Silberoxyd, von dem man 29,063 Grmm. wiegt, in Wasser löst und die Lösung bis zu einem Liter verdünnt. Die Lösung wird geschützt, vor Licht geschützt in schwarzen Flaschen gut verschlossen aufbewahrt. 4 Ccm. der Silberlösung entspricht 10 Milligramm. Chlornatrium oder 6,07 Milligramm. Chlor.

Um die Kochsalzbestimmung im (eiweissfreien) Harn vorzunehmen, bringt man von ihm 10 Ccm. in ein Becherglas, setzt einige Tropfen einer concentrirten Lösung von neutralem chromsaurem Kali hinzu und lässt nun aus der Burette von der Silberlösung so lange abfließen, bis der beim Einfallen der Tropfen entstehende Niederschlag auch nach gutem Umrühren der Flüssigkeit roth bleibt. Die erste bleibende Röthung zeigt an, dass nun alles Silber ausgefällt und eine Spur Silber an Chromsäure gebunden ist. Nach Ablesung der bis dahin verbrauchten Silberlösung ist die Berechnung der Analyse genau nach den für die Titirungen angegebenen Regeln vorzunehmen. Nach Hoppe-Seyler hat man den verbrauchten Kc. der Silberlösung für 10 Kc. Harn 1 Kc. abzuziehen, da die Resultate der Titirung etwa um so viel zu gross ausfallen.

Bei exsudativen Entzündungsprocessen, bei denen viel Kochsalz in den Exsudaten abgelagert wird, so wie bei Ausscheidung von Kochsalz durch den Darm (S. 300) oder bei starkem Schwitzen liegt die Kochsalzausscheidung im Harn darnieder, mit der Resorption der Exsudate steigt sie wie mit dem Aufhören der krankhaften Darmausscheidung.

**Bestimmung der Phosphorsäure im Harn.** — Essigsauerer Uranoxyd giebt mit phosphorsauer Verbindungen in essigsaurer Lösung einen hellgrauen, flockigen Niederschlag. In sauren Uranoxydlösungen giebt Ferrocyankalium einen dunkelbraunen Niederschlag. Durch einen Zusatz von Ferrocyankalium kann also in einer essigsaurer Flüssigkeit, in welcher man die Phosphorsäure mit essigsauerem Uranoxyde gefällt hat, ein Ueberbess von Uranoxyd nachgewiesen werden. Darauf gründet sich das Titirverfahren bei Bestimmung der Phosphorsäure in Lösungen und im Harn.

Man bedarf dazu:

Ferrocyankaliumlösung von unbestimmter Concentration.

Eine Normallösung von phosphorsauerem Natron von bekanntem Phosphorsäuregehalt. Das käufliche phosphorsauere Natron wird aus heissem Wasser unkrystallisirt, gut trocknet, zerrieben und zwischen Filtrirpapier nochmals abgepresst. Davon wiegt man 5 Gramm ab, löst sie in Wasser und verdünnt die Lösung, bis sie gerade 1 Liter beträgt. 100 Ccm. der Lösung enthalten 0,2 Gramm Phosphorsäure.

Eine Lösung von Essigsäure und essigsauerem Natron. Man löst dazu 100 Gramm unkrystallisirtes, essigsaueres Natron in Wasser, fügt 100 Ccm. starke Essigsäure hinzu und füllt mit Wasser bis zu 1 Liter.

Titrirte Lösung von essigsauerem Uranoxyd. Um sie herzustellen, löst man käufliches Uranoxyd in reiner Essigsäure und verdünnt etwas mit Wasser. Diese Lösung titirt man mit der Normalphosphorsäurelösung und verdünnt sie dann so, dass 1 Ccm. der Lösung 0,005 Gramm Phosphorsäure entsprechen.

Zur Ausführung der Phosphorsäurebestimmung im Harn bringt man 50 Ccm. des Harns in ein Becherglas, fügt 5 Ccm. der Essigsäuremischung zu, erhitzt auf dem Wasserbade und lässt nun von 1 Ccm. zu 1 Ccm. von der titrirten Uranolösung so lange zufließen, bis die Tropfen der Flüssigkeit, den man auf eine weisse Porzellanplatte mit dem Glasstabe getropfen hat, mit einem Tropfen Ferrocyankalium, den man von der Seite her in den ersten Tropfen einfließen lässt, eine erkennbare braunliche Färbung giebt. Rechnung wie oben. Nach heftigen Muskelkrämpfen (Chorea major) fand ich die Phosphorsäureausscheidung bedeutend vermehrt.

**Bestimmung der Schwefelsäure im Harn.** — Man titirt mit einer Lösung von Chlorbarium und sucht den Punkt, wo in einem klaren Tropfen der Lösung ein zugesetzter



Tropfen einer schwefelsäueren Natronlösung eben eine weisse Trübung hervorzubringen. Man kann auch ein Zeichen, dass man einen Ueberschuss von Chlorbaryum zugesetzt hat. Man versetzt eine Chlorbaryumlösung von solcher Concentration, dass 1 Kcm. 10 Mill Schwefelsäure fällen. Man bereitet sie durch Auflösen von 26,5 Gramm 40-tem, gepulvertem, lufttrockenem Chlorbaryum und Verdünnen der Lösung bis 100 Kcm. ab und verdünnt sie auf 4 Liter, so dass 1 Kcm. dieser verdünnten Lösung, welche für feinere Bestimmungen sich empfiehlt, 0,004 Gramm Schwefelsäure.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure werden 50 Kcm. Harn in einem Glase mit etwas Salzsäure versetzt und auf freiem Feuer aufgeköcht. Zur siedenden Flüssigkeit setzt man Kcm.-weise die Barytlösung aus einer Burette zu, schüttelt gut und lässt den Niederschlag sich absetzen, was sehr rasch eintritt. Nun nimmt man mit einem breiten Glasstabe von der obenstehenden, klaren Flüssigkeit einen Tropfen aus, bringt ihn in ein Uhrglas und setzt einen Tropfen Chlorbaryumlösung hinzu, dadurch eine Fällung von Schwefelsäure (weisse Trübung), so hat man noch Chlorbaryum aus der Burette zufließen zu lassen. Zu diesem Zwecke köcht man den Harn von neuem und tropft dann die Barytlösung ein, schüttelt wieder um und setzt. So fährt man fort, bis Chlorbaryum keinen Niederschlag mehr bewirkt. Solcher mit schwefelsäuerem Natron eintritt. Hat man den Harn mit Salpeter verbrannt und bestimmt nun die Schwefelsäure, so ergibt die Bestimmung ein beträchtlich höheren Schwefelsäuregehalt als im frischen Harn. Nach Verbrennen des Harn normal einen schwefelhaltigen Körper, der beim Verbrennen Schwefel

**Schwefelwasserstoff im Harn** ist mit Papier, das man mit essigsaurem Blei oder Ammoniak befeuchtet hat, durch die eintretende Schwärzung des Papiers nachzuweisen. Man versetzt eine Lösung von Nitroprussidnatrium und einem Tropfen verdünnter Salzsäure mit einer Lösung von Ammoniumsulfid. Ein langer befeuchteter Papierstreifen färbt sich durch Schwefelwasserstoff purpur. Nachweis bringt man Harn in eine Glasflasche und hängt das Reagenspapier in die Flasche, das man mit dem Kork der Flasche befestigt. Der Geruch des schwefelwasserstoffhaltigen Harnes ist von dem des Schwefelwasserstoffs verschieden.

Man kannte bisher Nichts, was sein Auftreten im Harn bei manchen Krankheiten erklären konnte. In allen von mir beobachteten Fällen enthielt solcher Harn Schwefelwasserstoff. Schönlein fand, dass jeder Harn, den man mit amalgamirten Zinkspänen versetzt, Schwefelwasserstoff entwickelt. Neuerdings wird angegeben, dass der Zusatz allein genügt. Mit Zinkspänen entwickelt nach meinen Versuchen je nach der Saure Schwefelwasserstoff. In sehr saurem Leichenharn nach Typhus war Schwefelwasserstoff in bedeutender Menge. Bei einem Patienten, dessen Harn durch den Katheter abgenommen war, fand ich Schwefelwasserstoff in dem frisch entnommenen Harn, so dass unzweifelhaft der Schwefelwasserstoff schon in der Harnflüssigkeit war. Im Athem konnte ich ihn jedoch nicht nachweisen. Dieser Harn hatte die Fähigkeit, aus anderen Harnen, denen er in wenig Tropfen zugesetzt war, Schwefelwasserstoff zu entwickeln. Es zeigte sich, dass diese Fähigkeit, sich in Gemischen, Fermente knüpfte, die in dem schwefelwasserstoffhaltigen Harn waren. Die in ihm entstehenden Schimmel- und Gährungspilze erzeugten in 6 bis 7 Tagen Schwefelwasserstoffentwicklung. Der so geimpfte Harn zeigte seinen eigenthümlichen Zersetzungs Vorgang durch die in ihm entstandenen Gärungspilze wieder auf einen dritten überpflanzen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass der Schwefelwasserstoffentwicklung im Harn mit einer Gärungserscheinung verbunden ist, die ich als Schwefelwasserstoffgärung bezeichne. Von selbst tritt in normalen Harnen niemals auf, wenn ich von einem zweifelhaftem Harn ausgehe. Die Schwefelwasserstoffgärung geht nur in sauren und neutralen Harnen vor sich, sie tritt in stark alkalischen, aus denen man auch mit Zinkspänen keinen Schwefelwasserstoff

entwickeln kann. Die Quelle, welche den Schwefel für den Schwefelwasserstoff in der Gärung liefert, ist der oben bei der Schwefelsäurebestimmung genannte schwefelhaltige Harnbestandtheil, der durch die Schwefelwasserstoffentwicklung vermindert und schliesslich verschwindet, wie mir direkte Bestimmungen ergeben haben. Das Ferment, welches die Wasserstoffgärung im Harn erzeugt, konnte ich bisher nicht näher bestimmen. Ein Zusatz von einer Anzahl fauliger Stoffe zu normalem Harn ergab mir negative Resultate, es entstand dadurch kein Schwefelwasserstoff. Vielleicht ist es dem Harn beigemischter faulender (?) Eiter, welcher diese eigenthümliche Zersetzung bewirkt.

### Die Harnsedimente. Ihre Entstehung und Untersuchung.

In manchen Fällen wird der Harn schon trüb aus der Blase entleert. Bei längerem Stehen tritt dann häufig ein Bodensatz ab, während die überstehende Flüssigkeit klar wird. Wichtig ist es, dass sauer reagirender Harn vollkommen klar ausgeschieden wird und sich erst nachher trübt und ein mehr oder weniger rothes Sediment, »Ziegelmehl«, Harn- und harnsaueres Natron mit harnsauerem Kalk fallen lässt. Nach längerem Stehen sedimentirt jeder normale Harn, da er dann alkalisch wird.

Ich glaubte früher, dass das Auftreten eines Niederschlags in klar entleertem saurem Harn auf einer eigenthümlichen Gährungserscheinung beruhe, die man saure Gärung nennen könnte. Der saure entleerte Harn soll nach einiger Zeit anfangen, mehr Säure (Milchsäure) zu bilden, sodass seine saure Reaktion an Stärke zunimmt. Diese neugebildete Säure sollte ebenso wirken wie ein Säurezusatz zum Harn, durch welchen wir eine Ausfällung der Salze eintreten sehen. In der Mehrzahl der Fälle tritt das Sedimentiren aber sicher aus viel naheliegenderen Gründen ein. Im Harn sind alle Salze als saure Verbindungen vorhanden. Die saure Harnreaktion rührt vor allem von saurem phosphorsauerem Natron her. Die Harnsäure ist im Harn meist an Natron gebunden als saures harnsaueres Natron. Die Löslichkeit dieses Salzes ist nicht sehr gross und sehr von der Temperatur des Lösungsmittels abhängig. Jeder Krankenwärter weiss, dass in einer kalten Nacht, wenn auch in den Krankensäulen kalt geworden ist, alle Harn sedimentiren. Der Grund, dass ein Niederschlag (harnsaueres Natron) eintritt, liegt also oft einzig in der Abkühlung des Harnes. Wenn der Harn, wie es besonders bei sparsamer Harnmenge in fieberhaften Krankheiten etc. vorkommt, für die Temperatur des Körpers nahezu mit harnsauerem Natrium gesättigt ist, so wird er sedimentiren, sobald er, aus der Blase entleert, anfangt abzukühlen. Bei weniger concentrirten Harnen fällt bei der Normal-Zimmertemperatur noch nichts heraus, hier bedarf es dazu einer stärkeren Temperaturniedrigung. Dass es sich in den meisten Sedimentirungen im sauren Harn um dieses Verhältniss handelt, geht daraus hervor, dass die Sedimente meist verschwinden, wenn man den Harn auf die Bluttemperatur erwärmt. Das saure phosphorsauere Natron wirkt auf das harnsauerere Natron nicht nur zersetzend ein (HOFMANN), sodass wie durch eine freie Säure reine Harnsäure aus jedem Harn abgeschieden werden kann.

Man pflegt sedimentirende Harn »kritische Harn« zu nennen. Man dachte sich die krankmachende Ursache direkt als einen Stoff, den der Organismus auszustoßen hätte, um wieder zur Norm zurückzukehren. Man pflegte dazu »kritische Entleerungen« durch die Respirationsorgane, den Darm, den Schweiß und namentlich den Harn anzunehmen. Meist schien am leichtesten die Materia peccans anschaulich zu werden; man nahm die Trübung des sonst klaren Harnes direkt für eine solche. Offenbar bedeutet das Auftreten eines stärkeren Sedimentes im sauren Harn nur, dass der Harn entweder durch bedeutende Stoffzersetzung oder durch Wassermangel concentrirter als gewöhnlich ist. Der letztere Grund ist bei weitem der häufigere. Man würde sehr irren, wenn man annähme, dass das ziegelrothe Sediment im Harn bedeutet, dass eine Mehrausscheidung von Harnstoff stattgefunden habe. In den allermeisten Fällen findet sich in (von harnsauerem Natron)



sedimentirenden Harnen die Harnsäure absolut nicht vermehrt, wenn wir nicht gerade auf eine bestimmte Zeit der Ausscheidung rechnen. Im Fieber erscheint die Abgabe durch die Perspiration meist gesteigert, daher finden wir hier gerade starken Marschen, bei denen man geschwitzt hatte, oder noch mehr nach Schweiß den dann sparsamen Harn fast regelmässig sedimentirend. Schon Harnsäurewirkung des Schwitzens.

Wenn der Harn längere Zeit steht, so bilden sich in ihm Zersetzungs- und Gärungserscheinungen aus, beruhend auf der Anwesenheit organisirter Fermente, Hefe, Fadenpilzen, Konferven, Algen, Infusorien etc., welche zu einer Umsetzung in kohlensaures Ammoniak führen. Je mehr sich von diesem Stoff bildet, umso mehr nimmt die saure Reaktion des Harnes ab, er wird neutral und hierauf von Tag zu Tag immer alkalischer. Der Harn braust nun mit Säure (Kohlensäureentwicklung) auf. Es setzt sich ein weisses Sediment ab, bestehend aus den durch das Ammoniak gebildeten Erdphosphaten. Das Sediment besteht aus phosphorsauerm Kalium, phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia und harnsauerem Ammoniak. Alkalische Gährung tritt bei verschiedenen Harnen zu sehr verschiedenen Zeiten ein. Wenn sich saurer Harn an kühlem Orte bedeckt, am besten unter einer Glocke bewahrt, sehr lang unzersetzt hält, wird mancher Harn namentlich bei krankhaften Zuständen der Blasenschleimbaut, wenn Blasenschleim oder Eiter etc. dem Harn beigemengt ist, weder sogleich alkalisch entleert, oder wenn er bei seinem Austritt auch sauer war, nimmt er doch sehr rasch die alkalische Reaktion an. Es leuchtet ein, dass ausser von anderen Gründen, die beiden Ursachen der Sedimentirung: sehr stark saurer Harn und ein concentrirter Harn, wodurch Harnsäure ausgeschieden werden kann, die alkalische Reaktion des Harns in der Blase zur Bildung von Niederschlägen in der Blase und damit zur Entstehung des schmerzhaften und gefährlichen Leidens der Harnblasensteine Veranlassung geben können. Sitzt der krankhafte Prozess in den Nierenbecken oder Ureteren, so können sich dort Konkrete bilden, welche an den Nierensteinen ansetzen, welche bei ihrer Ablösung und Ausstossung, während sie das Nierenbecken durchwandern, die bekannten, qualvollen Schmerzen in der Nierengegend gegen die Blase hervorrufen.

Die mikroskopische Analyse der Harnsedimente giebt für das Wesen derselben einen genügenden Aufschluss. Das Mikroskop zeigt auch Formelemente, welche das freie Auge nicht als Sediment erkannt hat. Es finden sich allem Epithelzellen aus der Blase und den übrigen Harnwegen, welche als zufällige Theile in jedem Harn enthalten sind. Ebenso etwas Schleim mit Schleimkörperchen. Bei krankhaften Zuständen der Nieren (Harnkanälchen) zeigt sich im Harn auch die Harnkanälchen. Diese Zellen lassen sich durch ihre bekannte Gestalt erkennen. Manchmal findet man sie mehr vereinzelt oder zu mehreren zusammen, manchmal bekommt man ein cylindrisches Stück eines zusammenhängenden Epithels eines Kanälchens zu sehen: Epithelcylinder, dann meist mit undeutlichen, aber deutlichen Kernen. Meist sind die Zellen in verschiedenen Stadien der Zerkleinerung. Diesen cylindrischen Gebilden kommen noch andere mehr oder weniger durchsichtige vor, welche in sich eingebettet oft noch erkennbare Epithelzellen, oft nur noch eine kugelförmige zerfallene Masse erkennen lassen: es sind die sogenannten Fibrincylinder, welche einen Fibrinabguss der Harnkanälchen darstellen. Sind sie fast ganz ohne Kern, durchscheinend, so werden sie als hyaline Cylinder bezeichnet. Sie kommen bei fortgeschrittenen Nierenleiden an.

Die Sedimente können bestehen aus:

I. unorganisirten Stoffen; in saurem Harn: harnsauerer Natronkalk, saurer Kalk, Fett, oxalsaurer Kalk, Harnsäure, Cystin; im alkalischen Harn: phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, harnsauerer Natron.

II. organisirten Körpern: Schleimgerinnsel und Schleimkörperchen.

die oben beschriebenen Harnzylinder, Spermatozoiden, Gährungs- und Fadenpilze, Zellen der Nierenkanälchen und Harnwege.

### Schema zur Mikroskopie der Sedimente

(nach NEUBAUER).

Bei der Untersuchung des Harnes ist es nothwendig zu wissen, ob der Harn frisch gesammelt oder vielleicht schon durch die Harnsäure verändert ist. Dann prüft man die Probe auf Pflanzenpapier, lässt wenn nöthig in einem verschlossenen Glase das Sediment absetzen, giesst die überstehende Flüssigkeit ab und bringt einen Tropfen, der reich an Sediment ist, auf ein Objektglas.

#### A. Der Harn reagirt sauer.

Das ganze Sediment ist amorph, es zeigen sich keine Krystalle.

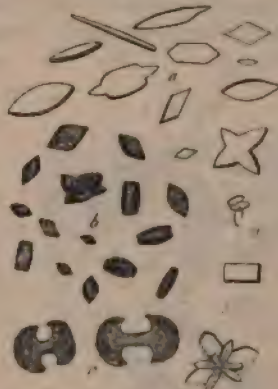
Das Sediment löst sich bei dem Erwärmen einer Portion des sedimentirenden Harnes im Proberöhrchen oder auf dem Objektglase vollkommen auf. Es deutet dies auf harnsaure Salze. Man setzt zu einem Tropfen des Sedimentes auf dem Objektglase einen Tropfen Essigsäure zu und lässt  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Stunde stehen. Bei Gegenwart von Harnsäure sind nach dieser Zeit rhombische Tafeln von Harnsäure gebildet (Fig. 440). In den meisten Fällen ist das Sediment mit mehr oder weniger Harnfarbstoff roth gefärbtes harnsaueres Natron (Fig. 439).

Fig. 439.



Krystalle und amorpher Niederschlag des harnsauereren Natrons.

Fig. 440.



Harnsäure in ihren verschiedenartigen Krystallformen. Bei *a a a* Krystalle, wie sie bei Zersetzung harnsauerer Salze erhalten werden; bei *b* Krystallisationen der Harnsäure aus dem menschlichen Harn; bei *c* sogenannte Dumb-bells.

Das Sediment löst sich beim Erwärmen nicht auf, wohl aber in Essigsäure ohne Braunfärbung. Es ist wahrscheinlich phosphorsaurer Kalk. Der Beweis kann nur chemisch (Harnsteine) geliefert werden.

Finden sich unter dem amorphen Sedimente stark lichtbrechende, silberglänzende Körnchen, die in Aether löslich sind, so deuten diese auf Fett (sehr selten).

Das Sediment enthält ausgebildete Krystalle.

Kleine glänzende, vollkommen durchsichtige, das Licht stark brechende Quadräcker, mit Briefkouvertförmigkeit, in Essigsäure unlöslich sind, oxalsaurer Kalk (Fig. 441).

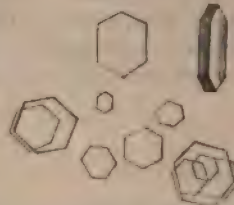


b) Vierseitige Tafeln oder sechsseitige Platten von rhombischem Habitus, welche durch Abrundung der stumpfen Winkel spindel- und fassförmige Krystalle enthalten (Fig. 140 b.). Meistens sind diese Sedimente mehr oder weniger gelblich.

Fig. 141.

Krystalle  
des oxalsäueren  
Kalks.

Fig. 142.



Krystalle des Cystin.

Zur Bestätigung löst man das Sediment in Tropfen Natronlauge auf dem Objektträger einen Tropfen Salzsäure hinzu und die 1. a) beschriebenen Krystalle.

c) Reguläre sechsseitige Tafeln, welche in Salzsäure und Ammoniak auflösen, bei Verkohlen und Verbrennen (und Lösung von Bleioxyd in Natronlauge) eine Ausscheidung von Schwefelwasserstoff (Fig. 143).

III. Das Sediment enthielt körnige Körper (Fig. 143).

a) Gewundene Streifchen, welche aus reihenförmig geordneten, sehr feinen Körnchen (amorpher Masse) bestehen, sind Schleimgerinnsel, oder harnsauerem Natron, das fast ebenso aussieht.

b) Kleine, manchmal kontrahierte, runde, granulirte Zellen meist an einander gereiht, sind Schleimkörperchen.

c) Kreisrunde, schwach bikonkave, das Licht stark brechende Scheibchen, welche mit einem rothen Punkt in der Mitte sind Blutkörperchen. Auch kugelig aufgequollene (in sehr verdünntem Harn) sowie geschrumpfte Formen (im concentrirten Harn). Essigsäure macht sie stark aufquellen und zerfallen.

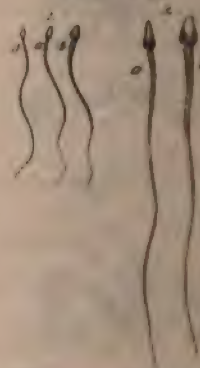
Fig. 143.



Organisirte Harnbestandtheile.

a. Schleim- und Eiterzellen. b. Drüsenzellen der Harnkanälchen, theils mit Fett erfüllt, theils im Zerfall begriffen. c. Pflasterepithelien der Blase. d. Blutzellen. e, f, g, h. verschiedene Erscheinungsformen der Fibrineylinder.

Fig. 144.



Samenfaden des Megachen. 1. 350mal vergr. 2. 800mal vergr. a. Von der Seite. b. Von der Fläche.

d) Körnige, mattgrünliche, von verschiedener Größe, welche in Essigsäure aufquellen, das Ansehen von Kernen von Form und Größe kennen lassen, sind Schleimkörperchen. c) Cylindrische, meist etwas gewundene, weder fest noch leicht zerbrechlich, oder mehr oder weniger zerfallen, auch in der Harnflüssigkeit sind die

der hyaline Cylinder oder Epithelcylinder (Fig. 145).

f) Spermatozoiden erkennt man an der charakteristischen Gestalt (Fig. 146).

g) Gährungs- und Fadenpilze besonders in diabetischen, auch in anderen Harnarten (Fig. 147).

## B. Der Harn ist alkalisch.

Das Sediment enthält Krystalle.

Fig. 445.

Krystalle der phosphorsauren  
Ammoniak-Magnesia.

Kombinationen des rhombischen vertikalen aus, die mit Sargdeckeln Aehnlichkeit haben, löslich in Essigsäure sind und beim Erwärmen stonlauge Ammoniak entwickeln (ein befeuchtes gelbes Kurkumapapier bräunt sich über die gehalten), sind phosphorsaure Ammoniak-Magnesia (Fig. 445).

Wie mit diesen oxalsaurer Kalk (Fig. 444) vorgehen, so behandelt man das Sediment auf dem Gläschen mit einem Tropfen Essigsäure; die Krystalle der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia lösen sich, während die Briefkouvertförmigen oxalsaurer Kalks ungelöst zurückbleiben.

Sedimente von Tyrosin bei akuter Leberste (auch im sauren Harn) cfr. S. 72, Fig. 54). Kugelige undurchsichtige Massen, stechapfelförmig mit feinen Spitzen besetzt oder drüsenförmig aggregiert aus kleinen, keulenförmig gebogenen Körpern sind harnsaurer Ammoniak (Fig. 446).

Das Sediment enthält amorphe Massen.

In einem alkalischen Harn bestehen diese aus phosphorsaurer Kalk.

Das Sediment enthält organische Massen.

Die Massen, welche unter A. III. a-g angeführt sind, ausserdem Gährungs- und Fadenpilze, Hefen, Konferven (Fig. 447).

Fig. 446.



Ausscheidungsformen des harnsauren Ammoniaks aus alkalischen Harn neben Krystallen des oxalsaurer Kalks und der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia.

Fig. 447.



Gährungs-, Schimmel- und Vibrionenbildung im Harn.

## Harnsteine und ihre Bestimmung.

Die Harn- und Nierensteine des Menschen bestehen aus: Harnsäure, harnsauren Xanthin, Cystin, phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, oxalsaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk, kohlensaurer Kalk, Fett und eiweissähnlichen Verbindungen wie Schleim, Harnsäure, Blutkoagula etc.

Die GURUP-BESANZ finden wir folgende Angaben:

Die Harnsteine bestehen am häufigsten grösstentheils oder ganz aus Harnsäure.



Sie sind dann meist hart, von rothbrauner, braungelber, selten weisser Farbe, die Fläche kann glatt oder mit stumpfen Warzen besetzt sein, der Bruch zeigt sich krydallin oder erdig. Auf dem Durchschnitt erscheinen dünne, concentrische Schichten.

2) Nur aus harnsauerem Ammoniak bestehende Steine sind selten, man sieht solche Steine als Gemenge von harnsauerem Ammoniak mit freier Harnsäure oder harnsauren Salzen. Am häufigsten findet man sie bei Kindern, ausserhalb meist den eigentlichen Harnsäuresteinen.

3) Harnsaure Salze mit feuerbeständiger Basis (Kalk, Natrium, Kalium) sind als Beimengungen von Steinen aus Harnsäure. Von der freien Harnsäure lassen sich durch kochendes Wasser trennen.

4) Häufig sind Steine aus oxalsauerem Kalk. Gewöhnlich erscheinen sie als eine Menge von Warzen besetzt (Maulbeersteine), dunkel, braunlich gefärbt, von ziemlicher Grösse. Sellen sind sie klein, blass, glatt: Hanfsamensteine.

5) Steine aus phosphorsauren Erden. Diese Steine haben eine weisse, erdige, kreibige, bisweilen poröse, zuweilen geschichtete und schalige Oberfläche.

6) Steine aus Xanthin sind sehr selten; Wöhler beschreibt einen solchen, der an der Oberfläche von hellbrauner, stellenweise von weisslicher Farbe, auf der Innenseite matt, bestand aus concentrischen Schichten, bekam durch Reiben Wachsglanz, ungefähr dieselbe Härte wie die harnsauren Steine.

7) Steine aus Cystin sind ebenfalls sehr selten. Sie sind von gelblicher Farbe, Oberfläche, auf dem Bruche krystallinisch.

Den Krystallisationskern der Steine bildet meist ein Schleimpfropfen, irgend ein festweicher Körper: Eiter, Blut, Epithelialpfropf etc., um welche sich die steinharten Stoffe niederschlagen.

In sehr geringen Mengen und selten ist Kieselerde in Steinen beobachtet, findet sich häufiger kohlensaurer Kalk neben kohlensaurer Magnesia. Man findet hier und da Mörtelstückchen im Harn bei Simulation von Harnsteinen (Harngrües).

### Schema zur Untersuchung der Harnsteine.

(nach v. GORUP-BESANEZ).

Für die Analyse der Harnsteine (und anderer Konkretionen) unterscheidet man (nach v. GORUP-BESANEZ):

- 1) vollkommen verbrennliche Steine,
- 2) zum Theil verbrennliche,
- 3) unverbrennliche.

Um diese Unterscheidung machen zu können, wird ein kleines Stückchen des Pulvers und von diesem Pulver eine Messerspitze als Probe auf einem reinen Platinblech über der Weingeist- oder Gasflamme erhitzt. Die vollkommen verbrennlichen Steine bestehen nur aus organischen Materien; meist sind aber organische Stoffe und anorganische Stoffe gemischt, sodass sich das Pulver auf dem Platinblech schwärzt, verbräunt oder weniger viel Asche zurücklässt. Auch Steine, welche ganz (oder überwiegend) aus anorganischen Stoffen bestehen, schwärzen sich bei dem Erhitzen, wenn sie stets etwas organische Materie beigemischt ist, sie brennen aber leicht weiss, ohne eine merkliche Volumveränderung erkennen lässt.

I. In vollkommen verbrennlichen Konkretionen kann enthalten sein, in der Harnsäure, harnsaueres Ammoniak, hippursaurer Ammoniak, Xanthin, Cystin, in unverbrennlichen Konkretionen: Cholestearin, Gallenfarbstoff (beide in Gallensteinen), Fibrin, Haare.

II. In zum Theil verbrennlichen Konkretionen können enthalten sein: kohlensaurer Kalk, harnsaurer Kalk und alle unter I. angegebenen Stoffe.

III. Die unverbrennlichen Steine enthalten keine organische Beimischung.

**2. Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech ohne oder mit geringem Rückstand verbrennen.**

Man löst von dem Pulver eine sehr geringe Menge auf einem Porzellanscherben in 2 Tropfen Salpetersäure und dampft nun auf möglichst kleiner Flamme unter fortwährender Blasen und Wegnehmen des Scherbens von der Flamme zur Trockene.

Es entsteht eine rothgelbe Färbung, die mit einem Tröpfchen Ammoniak, das man der Seite langsam zufließen lässt, schön purpurroth wird: der Stein enthält Harnstein (Murexidprobe S. 73).

Setzt man eine Portion des Steinpulvers mit Aetzkali, so entsteht keine Ammoniakentfärbung (durch den Geruch und feuchtes in den Ammoniakdämpfen sich bräunendes Kurappapier nachzuweisen), wenn der Stein aus reiner Harnsäure besteht. Besteht er aus kohlensauerem Ammoniak, so zeigt sich beim Kochen Ammoniak.

1) a. Giebt der Versuch der Murexidprobe kein Resultat, wird die abgedampfte salpeterige Lösung nicht roth, sondern citronengelb, mit Kali rothgelb, beim Erhitzen violett, so kann der Verdacht auf Xanthin entstehen. Es ist in kohlensauerem Kali unlöslich.

Entsteht bei dem Abdampfen der Salpetersäure eine dunkelbraune Färbung, ist der Stein in kohlensauerem und kaustischem Ammoniak löslich, aus letzterer Lösung in oskopischen sechsseitigen Tafeln krystallisirend und durch Essigsäure daraus fällbar, so ist man das ebenfalls äusserst seltene Cystin vor sich.]

**Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech einen beträchtlichen Rückstand hinterlassen.**

1) Der Rückstand schmilzt leicht vor dem Löthrohre.

Verbreitet beim Erhitzen den Geruch nach Ammoniak, noch deutlicher bei dem Erwärmen mit Kali, ohne Aufbrausen in Essigsäure löslich, aus dieser Lösung durch Ammoniak gallinisch fällbar, Glührückstand weissgrau: Phosphorsäure Ammoniak-Magnesia.

2) Der Rückstand schmilzt nicht vor dem Löthrohr.

a) Rückstand weiss, nicht alkalisch, braust weder vor noch nach dem Glühen mit Säure aus der salzsäueren Lösung durch Ammoniak fällbar. Die essigsäueren Lösung, mit oxalsäurem Ammoniak versetzt, scheidet oxalsäueren Kalk aus: basisch phosphorsäure Kalk.

b) Die frische Probe von Essigsäure nicht angegriffen, von Mineralsäuren ohne Aufbrausen gelöst und durch Ammoniak niedergeschlagen. Der Rückstand nach dem Glühen auf dem Platinblech alkalisch, mit Säuren brausend: Oxalsäurer Kalk.

c) Die Probe verbreitet beim Glühen stark weisses Licht, braust schon vor dem Glühen mit Säuren, wird aus der neutralisirten salzsäueren oder aus der essigsäueren Lösung durch kohlensaueres Ammoniak gefällt: Kohlensäurer Kalk.

d) Die Probe giebt die Murexidprobe, enthält also Harnsäure, hinterlässt aber beim Glühen einen Rückstand.

e) Dieser schmilzt vor dem Löthrohr und ertheilt der Löthrohrflamme eine intensiver gelbe Färbung: Harnsäueres Natron.

f) Verhält sich wie a), giebt aber keine gelbe Flamme sondern eine violette und in der salzsäueren Lösung mit Platinchlorid einen gelben Niederschlag: Harnsäueres Kali.

g) Schmilzt nicht vor dem Löthrohr und verhält sich nach dem Glühen als oxalsäurer Kalk: Harnsäurer Kalk (2. c.).

h) Schmilzt nicht vor dem Löthrohr, der Rückstand löst sich unter schwachem Aufbrausen in verdünnter Schwefelsäure und wird aus dieser Lösung durch Kali oder phosphorsäueres Natron und Ammoniak gefällt: Harnsäure Magnesia. —



Die hie und da vorkommenden Prostatu-, Speichel-, Nasen-, Bronchial- und Darmsteine etc. bestehen meist neben thierischen Materien: verhärtetem Schleim, eigeisartigen Körpern, überwiegend phosphorsäueren und kohligen Erden, welche nach dem angegebenen Schema zu erkennen sind. Die Uebermischungen stossen bei dem Verbrennen den Geruch nach verbranntem Harn ab.

### Zufällige Harnbestandtheile.

Einige Stoffe, die wir in der Nahrung oder als Medikamente in den Körper einbringen, scheinen im Harn entweder unzersetzt oder mehr weniger verändert wieder zu kommen als zufällige Harnbestandtheile bezeichnet werden. Oxydizable Stoffe, die im Harn mit Sauerstoff verbunden in höheren Oxydationsstufen, als sie eingeführt wurden, nur in seltenen Fällen beobachten wir den Durchgang des Stoffes durch den Organismus ohne einer Desoxydation verbunden. Stoffe, welche mit den Substanzen des Körpers chemische Verbindungen bilden, wie z. B. die Metalle, erscheinen nur dann im Harn, wenn sie in sehr grossen Gaben gereicht wurden. Sie werden grösstentheils in die Leber, z. B., aber auch in alle anderen Organe, namentlich Lymphdrüsen, Nieren, Nerven und periphere Nerven geführt, dort abgelagert und wahrscheinlich mit der Galle theilweise im Kothe entleert.

Es gehen in den Harn über (Gorup-Besanez): I. Unverändert:

a) von anorganischen Stoffen: die Athemgase mit der Kohlensäure, die Alkalien, Salpetersäure, chlor-, bor-, kiesel-säure Alkalien, Chlor-, Iod- und Brom-Ammoniak und saure Salze. In sehr grossen Mengen eingeführt, oder bei fortgesetzter Zufuhr in kleinen Mengen Salzen der schweren Metalle: Gold, Zinn, Wismuth, Quecksilber, Zink, Chrom, auch Arsen und Antimon.

b) von organischen Stoffen: freie organische Säuren, gehen nach Weinstens theilweise unverändert in den Harn über (während neutrale pflanzliche Alkalien im Harn als kohlensäure Alkalien auftreten und den Harn alkalisch machen). Auch Pikrin- und Hippursäure, Rhodankalium, Kaliumeisencyanür, Chinin, Morphin, Leucin, Harnstoff, die meisten Farb- und Riechstoffe gehen ohne oder mit geringer Veränderung in den Harn über. Wöhlen konnte im Harn wiederfinden die von: Indigo, Krapp, Gummigutt, Rhabarber, Kampecheholz, Ruben, Heidekraut, die Riechstoffe von: Valeriana, Knoblauch, Asa foetida, Kastoreum, Safran, Terpentin.

Durch die Farbstoffe von Rheum und Senna, zwei sehr häufig gebrauchte Abführmittel, kann der Urin so gefärbt werden, dass ein Verdacht auf Blut entsteht. Die Harnfarbe kann durch sie tiefroth werden. Solcher Harn wird durch einen Zusatz von Mineralsäure heller lichtgelb, während bluthaltiger Harn dadurch nicht aufgedunkelt wird.

Theilweise finden sich im Harn wieder: Traubenzucker, Rohrzucker, Mannit, in übergrossen Mengen in den Magen gebracht oder direkt ins Blut eingespritzt.

II. Nicht wieder gefunden wurden im Harn, auch nicht irgendwo vom Magen aus: Kampher, Harze, Bernsteinsäure, Gallensäuren, Anilin, Moschus, Kokkusroth, Lakmus, Chlorophyll und Alkanafarbstoff, Kreatinin [7].

III. Chemisch verändert erscheinen im Harn: freies Iod als Iodkalium, freies Kalium als schwefelsäures Kali, saures schwefelsäures und unterschwefelsäures Natron als schwefelsäures Natron; Kaliumeisencyanid als Cyanür; Gerbsäure als Gallussäure; Benzoe-, Zimmt- und Chinasäure, dann Bittermandelöl und Benzoesäure als Hippursäure; Nitrobenzoesäure als Nitrohippursäure; Salicin als salicylsäure, Saligenin; Toluylsäure als Tolursäure; Äpfelsäure, Asparagin als Bernsteinsäure als Kohlensäure, Oxalsäure und Harnstoff; Xanthogensäure als Xanthogen; Glycin als Harnstoff und Harnsäure; Thein und Theobromin als Harnstoff.

**in, Allantoin, Leucin als Harnstoff (?) ; Kreatin als Kreatinin und Harnstoff; Allylsulfamid (Thiosinamin) als Rhodanammium; Amygdalin als Ameisensäure; Indigo als Indigoweiss; Santonin als rothgelbes Pigment; neutralpflanzensauere Alkalis als kohlen-sauere Salze.**

**Die Untersuchungen wurden von WÖHLER, LEHMANN, H. RANKE, MEISSNER u. v. A. angestellt.**

### Systematischer Gang der Harnuntersuchung für ärztliche Zwecke.

**Beabsichtigt man quantitative Untersuchungen zu machen, so hat man zuerst die während einer bestimmten Zeit (24 Stunden) gelassene und genau, ohne allen Verlust gesammelte Harnmenge zu messen. Man misst in einem Messglas, welches 500 oder 4000 Ccm. Die Angabe der Harnmenge geschieht in Kubikcentimetern.**

**Man bestimmt das specifische Gewicht des Harnes. Dazu genügt die Bestimmung mit dem Senkwage: Urometer. Je tiefer das Urometer einsinkt, desto geringer ist das specifische Gewicht des Harnes, das man an der Urometerskala abliest.**

**Man prüft mit Lakmus- und Kurkumapapier die Reaktion am besten so, dass man mit einem Glasstabe einen Tropfen aus dem Harn herausnimmt und auf das Reagenspapier bringt. Die Grenze des Tropfens auf dem Papiere (bei saurerer Reaktion roth auf dem blauen Reagenspapier, bei alkalischer Reaktion braun auf dem gelben Kurkumapapier), zeigt die Reaktion am deutlichsten.**

**Etwas Sedimente untersucht man nach den oben dafür angegebenen Regeln.**

**Eine kleine Portion untersucht man auf Eiweiss durch Erhitzen, eine andere durch Mineralsäurezusatz nach den angegebenen Regeln. Entsteht ein Koagulum, so ist Eiweiss vorhanden. Zu den weiteren Prüfungen muss dieses abfiltrirt werden. Das Koagulum ist weiss, dann besteht es höchst wahrscheinlich aus reinem Albumin; b) grünlich, dann entsteht der Verdacht auf Gallenbeimischung zum Harn; c) bräunlich, braunroth, man hat dann zu vermuthen.**

**Ist der Harn abnorm gefärbt**

**roth, rothbraun, schwarz, so hat man auf Blut oder gelösten Blutfarbstoff zu untersuchen. Hellt sich solcher Harn bei einem Zusatz einer Mineralsäure auf, so kommt die Annahme von den Farbstoffen des Rhabarber oder der Senna, die als Medikamente genommen worden.**

**Ist der Harn braun, braunschwarz, grünlich, schäumt er beim Umschütteln und färbt eingetauchtes Papier gelb, so hat man die Gmelin'sche (und Pettenkofer'sche) Probe auf Farbstoff (und Gallesäuren) zu machen.**

**Ist der Harn sehr wenig gefärbt, sehr reichlich und zeigt trotz seiner geringen Färbung ein höheres specifisches Gewicht, so hat man auf Zucker zu prüfen.**

**Eine Probe des Harns versetzt man mit der Hälfte des Volums concentrirter Salzsäure; färbt sich dieselbe nach kürzerer Zeit dunkel und scheidet sich beim Stehen ein weisses Pulver ab, so zeigt dies die Gegenwart des Indigo an.**

**Riecht der Harn sehr penetrant, widerlich, an Schwefelwasserstoff erinnernd, bräunt und schwärzt er ein in dem Harngefäss über dem Harn aufgehängtes Papier, welches man mit Bleiessig getränkt hat, so entwickelt der Harn Schwefelwasserstoff. Andere Riechstoffe, welche zufällig in den Harn gelangen, kann man am Geruch erkennen.**



## Sechszehntes Kapitel.

### Haut und Schweissbildung. Hauttalg.

#### Die Haut als Sekretionsorgan.

Wir haben die Haut schon als Hilfsorgan für die Lungen kennen gelernt, dieses aber noch in viel höherem Maasse für die Nieren. Während die Säureabgabe an die Haut und die damit korrespondirende Sauerstoffabgabe nur sehr geringe Quantitäten nicht übersteigt, ist die Wasserabgabe sowohl in Dampf- als in sensible Perspiration als auch tropfbar als Schweiss unter Umständen eine sehr bedeutende Grösse. Im Schweiss wie im Harn, Salze, namentlich Kochsalz, unter Umständen auch Harnstoff dem Blute aus, sodass sich hierin eine deutliche Analogie zwischen Nieren- und Hautthätigkeit ergibt.

Es zeigt sich vor allem in Beziehung auf die Wasserabgabe ein Antagonismus zwischen den Thätigkeiten der beiden Organe. Wenn die Wasserabgabe durch die Haut eine gesteigerte ist, zeigt sich die Wasserausscheidung durch die Nieren vermindert und umgekehrt. Da die Hautthätigkeit durch Wärme angeregt, durch Kälte herabgesetzt wird, so wird im Winter bei gleicher Flüssigkeitsaufnahme in den Körper im Verhältnisse mehr Wasser durch die Nieren abgegeben als im Sommer, was durch die Beobachtung leicht bestätigt werden kann.

Die Hautthätigkeit hat vor allem den Zweck, die Wärmeabgabe des Körpers zu reguliren (Kap. XVII). Sie erreicht dies durch stärkere oder geringere Wasserverdunstung an ihrer Oberfläche, wodurch eine grössere oder geringere Menge Wärme gebunden wird, um das Wasser dampfförmig zu machen. Die Regulirung des Wärmeabflusses wird durch die Hautbedeckung: die Kleider unterstützt, als deren Ersatz an nackten Körperstellen bei dem Menschen die Haut fungiren. Die Haut als Organ des Tastsinnes findet an einer andern Stelle ihre Besprechung.

Die allgemeine Hülle des Körpers, die äussere Haut, besteht aus in ihrer Dicke sehr verschiedenen Lagen, aus der dünneren, gefass- und

haut und aus der Lederhaut, in deren bindegewebige Grundlage Nerven und Gefässe eintreten (Fig. 448). In der Haut finden sich Arten von Drüsen: Talgdrüsen und Schweissdrüsen. Als Anhang der Haut sind zu nennen: Haare und Nägel.

Die Lederhaut zerfällt in zwei Theile: in die eigentliche Lederhaut, aus Bindegewebe, welches in Maschenräumen von Bindegewebe besteht, in denen Fettzellen in grosser Zahl und vermehrt eingelagert sind.

Die eigentliche Lederhaut besteht aus Bindegewebe, in welchem zahlreiche Fasern eingewebt sind. In der obersten Theile der Lederhaut, der Dermis, ist das Flechtwerk der verlaufenden Bindegewebsbündel in der unteren Hälfte; dort wird das Gewebe lockerer, netzförmiger, der Subcutis. Die Lederhaut ist am dünnsten an der Ferse, am dickensten an den Gelenken und an dem äusseren Theile der Extremitäten.

Ihre äussere Oberfläche ist mit Papillen besetzt, die an den Gelenken nur als Leisten, an den anderen Hautstellen als Warzen (Papillen) erscheinen: sie sind Hautpapillen. Sie stehen an verschiedenen Stellen sehr verschieden dicht, einzeln oder in Gruppen neben einander oder in Reihen.

An den Gelenken und Fussfläche in regelmässigen wirbel- oder spiralförmigen Reihen. An diesen Orten sind die Hautpapillen auch am besten aus-

Fig. 448.



Die Haut des Menschen im senkrechten Durchschnitt. a oberflächliche Schichten der Epidermis; b MALPIGHI'sches Schleimnetz. Darunter die Lederhaut, nach oben bei e die Papille bildend, nach unten in das subcutane Bindegewebe ausgehend, in welchem bei f Ansammlungen von Fettzellen erscheinen; g Schweissdrüsen mit ihren Ausführungsgängen h und f; d Gefässe; i Nerven.

Fig. 449.



a von Gefühlswarzen der Haut des menschlichen Zeigefingers im Vertikalschnitt, theils Gefässschlingen, theils Tastkörperchen führend.

Man kann sie in Gefässpapillen und Nervenpapillen scheiden. In der ersten findet sich das nervöse Tastorgan, das Tastkörperchen,



welches bei dem Hautsinne seine nähere Beschreibung erfahren wird. Gefässpapille steigt eine Gefässschlinge empor, deren Schenkel sich einmal spiralig gedreht an einander anschmiegen.

In der Lederhaut finden sich reichlich (Kölliken) organische Fasern: unter der Haut des Hodensacks bilden sie eine zusammenhängende Lage, die Erektilität der Brustwarze rührt von ihnen her. Ueberall, und Talgdrüsen stehen, finden sie sich ebenfalls. Sie entspringen unter der Dermis und ziehen schief zum Haarbalg, an dem sie sich festsetzen.

Ueber die Oberfläche der Lederhaut, welche sich durch ein glattes, in welches ovale Kerne eingebettet sind, nach aussen scharf zieht sich die Epidermis, die Oberhaut hin. Sie folgt allen Vertiefungen und Erhebungen der Lederhautoberfläche, sodass durch sie auch die Linien nicht verdeckt werden, in welchen die Warzen und Leisten gereiht sind. An denselben Stellen, an welchen die Lederhaut dünn oder verdickt, thut dieses auch die Oberhaut. Sie ist sehr dick an der Handfläche, Fusssohle und Ferse (S. 44).

Chemisch besteht die Epidermis aus Hornstoff. Mikroskopisch wird sie aus Zellen zusammengesetzt, deren obere Schichte flache Zellenblättchen, die unteren rundliche Zellen erkennen lässt. Es finden sich hier auch die sogenannten chel- oder Riffzellen, deren ganze Oberfläche über und über mit Fortsätzen besetzt ist, mit denen die nachbarlichen Zellen auf das Festste einander greifen. Dieselben Zellenformen finden sich auch in mehrschichtigen Epithelien, z. B. an der Mundhöhle (Fig. 32). Die obere Schichte der Epidermis ist die Hornschichte, die untere als Schleimschichte oder Rete beschrieben. Die Schleimschichte stösst an die Lederhaut an. Sie besteht aus weichen, feuchten, kernhaltigen Bläschen. Die untersten, der Lederhaut anliegenden Zellen haben eine längliche (cylindrische), die darüber liegenden eine runde Form. Gegen die Hornschichte platten sie sich immer mehr ab und werden durch gegenseitigen Druck ihre Gestalt in eine vieleckige. Die Durchdringung verschiedener Hautstellen der weissen und dunkeln Menschenrassen mit Farbstoffkörnern her, die in die Zellen der Schleimschichte sich einlagern. Die übrige Haut ist nicht gefärbt. Die Hornschichte ist trocken, hartlich, unregelmässig gestaltete Schüppchen, die aber unter Anwendung querschnittender (Essigsäure, Alkalien) ihre Bläschenform, aus der sie entstanden annehmen können. Beim Neger ist die Hornschichte nur leicht gelblich bräunlich gefärbt.

Die Haut enthält im Korium Lymphgefässe und Lymphknoten. In den unteren Lagen desselben finden sich Lymphgefässnetze (TEICHMANN). In der Epidermis sollen physiologisch keine Lymphgefässe haben, in hypertrophirter Epidermis der Fusssohle dringen einzelne blind endigende Aeste ein (TEICHMANN).

Die Haut ist sehr nervenreich. Die Nervenendigungen in den verschiedenen Sinnesorganen besprochen werden, es kommen im Korium noch marklose Nervengeflechte vor, von denen Fasern in die

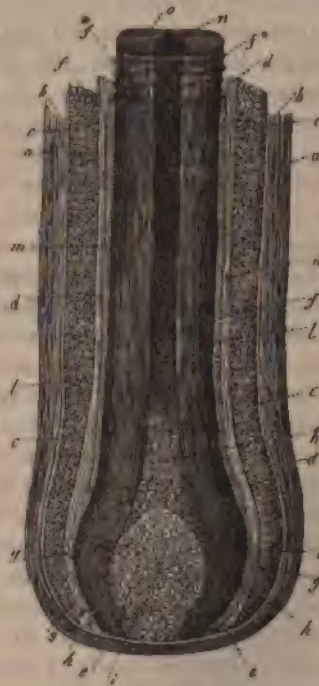
bringen und dort mit knopfförmigen Anschwellungen endigen (Lan-  
are schliessen sich in ihrer Zusammensetzung der Epidermis an,  
jene auch Horngebilde. Sie finden sich mit Ausnahme weniger  
d- und Fusssohle) auf der ganzen Körperoberfläche, jedoch in sehr  
er Dicke und Länge. Die schlichten Haare sind rundliche Cylinder, die  
egen mehr oder weniger plattgedrückt. Sie sind fest, dehnbar, sehr  
ch. Man unterscheidet an jedem Haare die in die Haut eingesenkte  
den frei hervorragenden Schaft. Der Schaft besteht bei den aus-  
Haaren aus Oberhäutchen, Rindensubstanz und Marksubstanz. Das  
ehen besteht aus dachziegelförmig über einander gelagerten, flachen,  
pidermisblättchen und bildet einen dünnen Beleg der Rindensub-  
die Hauptmasse des Haares darstellt. Sie hat ein streifigfaseriges  
ad besteht aus langen, abgeplatteten, verhornten Zellen, die schicht-

Fig. 450.



durch ein Kopfhaar sammt dem  
unterhalb der Mitte des letzteren,  
a. Längsfaserhaut des Haar-  
entwickelt. b. Quersfaserhaut  
wickelkörperchen. c. Glashaut.  
Wurzelscheide. e. Innere Wurzel-  
sere Lage. f. Dieselbe, innere  
Oberhäutchen des Haarbalges.  
ehen des Haares; i. Haar selbst.

Fig. 454.



Haarwurzel und Haarbalg des Menschen; a der  
bindegewebige Balg; b dessen glashelle Innen-  
schicht; c die äussere, d die innere Wurzelscheide;  
e Uebergang der äusseren Scheide in den Haar-  
knopf; f Oberhäutchen des Haars (bei f\* in Form  
von Quersfasern); g der untere Theil desselben;  
h Zellen des Haarknopfs; i die Haarpapille; k Zellen  
des Marks; l Rindenschicht; m lufthaltiges  
Mark; n Querschnitt des letzteren; o der Rinde.



weise neben und auf einander liegen. Diese Zellen enthalten häufig Pigmentkörnerchen. Die Marksubstanz fehlt meist den feinen Haaren, gewöhnlicher Sprachweise unbehaarten Körperstellen, den Wollhaaren, da auch den gefärbten Kopfhaaren. Sie bildet einen aus rundlich eckig bestehenden, in der Mitte des Haares gelegenen Strang. Diese Zellen sind vertheilter Luft angefüllt, die als glänzende Kügelchen erscheint (Fig. 4). Am unteren Ende schwillt der Haarschaft keulenförmig an zur Haarzwiebel mit ihrer trichterförmig ausgehöhlten Basis ein Wärtchen der Lederhaarpapille umgreift, welches eine birn- oder zwiebelartige Gestalt und sonst die Struktur einer Gefässpapille zeigt. Der unterste Theil der Zwiebel, mit dem sie auf der Haarpapille aufsitzt, besitzt ganz die Schleimschichte der Epidermis, sie besteht aus denselben rundlichen, feuchten, kernhaltigen Zellen (Fig. 151). Weiter aufwärts differenzirt sich in drei Schichten des Schaftes mehr und mehr; die sie zusammensetzen tragen aber alle noch einen jugendlichen Charakter, sie sind noch deutlich haltig und anstatt wie später mit Luft, noch mit Flüssigkeit gefüllt. Die Zwiebel steckt in einer Einstülpung der äusseren Haut, die als eine Haartasche, unten mehr ausgebuchtet, oben mit enger Oeffnung, die befindliche Haar umgiebt. Der Haarbalg besteht aus einer zarten Lederhaut-Oberhautschichte, wie sich, da er eine Einstülpung der gesammten Haut erwarten lässt. Die Epidermis des Haarbalges bildet die sogenannte Wurzelscheide, welche sich der Haarwurzel ringsum anschmiegt. Am Grunde des Haarbalges gehen die Zellen der Wurzelscheide in die der Haarzwiebel über. Haare stecken schief in der Haut, die Muskelfasern setzen sich so an, dass bei ihrer Kontraktion die Haare sich aufrichten und etwas über die Hautoberfläche erheben: Gänsehaut.

Die Nägel sind stark verhornte Epidermispartieen, an denen man die Schleimschichte unterscheiden lässt, mit denselben zelligen Elementen, wie wir bei der Epidermis kennen gelernt haben. Der Theil der Lederhaut, auf dem der Nagel aufruhet: das Nagelbett, erhebt sich zu von hinten nach vorn laufenden Leistchen mit Papillen. An dem hinteren und den beiden seitlichen Rändern des Nagelbettes erhebt sich die Lederhaut zu einem Falz, Na- gelrinne, in welchem die Wurzel und die Seitenränder des Nagels eingelagert sind.

Die Schweissdrüsen kommen in reichlicherer oder spärlicherer Anzahl fast in der ganzen Haut des Körpers vor, sie fehlen nur an der Eichel und an der konkaven Fläche der Ohrmuschel. Man unterscheidet an jeder Drüse einen eigentlichen Drüsenkanal, welcher die Haut durchbohrt und als Schweisspore auf der Oberfläche mündet, und das knäuelförmig aufgewundene Ende als Drüsenknäuel, welches als rundes Körperchen entweder noch in der unteren Schichte der Lederhaut oder an der Grenze dieser und des Unterhautzellgewebes in der Achselgrube sind sie sehr entwickelt und bilden eine zusammenhängende Schichte unter der Lederhaut. Der Schweissdrüsenkanal besteht aus einer Membrana propria, welche von rundlich eckigen Zellen in ein- oder mehrschichtig ausgekleidet wird. Sie stimmen in Form und Verhalten mit den Zellen der Schleimschichte des Rete Malpighii zusammen; sie führen häufig Fett- und Pigmentkörnerchen in ihrem Inhalte. In der Wand der grösseren Schweissdrüsen,

in denen in der Achselhöhle, findet sich eine förmliche Lage organischer Fasern; an anderen kleineren und weniger entwickelten Drüsen zeigen ebenfalls Muskelfasern, aber weniger reich und regelmässig geordnet. Bei kleinen, zarten Drüsen, z. B. an den Extremitäten, finden sich keine Zellen. Der von dem Drüsenknäuel aufsteigende Ausführungsgang ist in der Haut ein wenig geschlängelt. Die Oberhaut durchsetzt er dagegen, indem die Wandung verliert und nur als Lücke zwischen den Epidermiszellen tritt, in korkzieherartigen Windungen. Seine Oeffnung auf der Oberfläche der Epidermis (Schweisspore) ist meist etwas trichterförmig erweitert.

Die Ohrschmalzdrüsen gleichen den Schweissdrüsen im Bau vollkommen. Sie finden sich im knorpeligen Theile des Gehörganges zwischen seiner Rückwand und dem Knorpel. In dem Drüsenknäuel zeigt sich das Epithel fettthaltig, mit gelben Farbkörnchen gefüllt; den Zellen in dem Ausführungsgange der Drüse fehlt diese Füllung. An der Membrana propria der Ohrschmalzdrüsen sind reichlich organische Muskelfasern.

Die Talgdrüsen der Haut (*Glandulae sebaceae*) finden sich fast über die Haut verbreitet und secerniren den Hauttalg oder die Hautschmiere Cutaneum. Sie sind kleine, entweder einfach birnförmige, schlauchförmige oder zusammengesetzte traubenförmige Drüsen (Fig. 152). Die Talgdrüsen kommen in grösster Anzahl an behaarten Stellen vor und münden zugleich mit dem Haare an der Hautoberfläche. Die kleinsten Talgdrüsen stehen an den Seiten je zwei; an den Haaren des Bartes, der Achselgrube, der Brust sind sie grösser, am bedeutendsten an den Haaren der Geschlechtstheile. An den Wimpern des Naseneinganges, Augenbrauen, Augenwimpern zeigen sich je zwei Talgdrüsen. An den Wollhaaren der Nase, des Warzenhofes, des Ohres zeigen sich meist Drüsenhäufchen oder grössere Drüsen, namentlich an der Nase sind sie am meisten entwickelt. Am rothen Lippenrande und den Labia minora finden sich

Fig. 152.



Fig. 152. a. Die Drüsen-  
kapsel; b. der Ausführungsgang;  
c. Talg eines Wollhaars;  
d. Schnitt des letzteren.

Fig. 153.



A. Ein Drüsenbläschen einer gewöhnlichen Talgdrüse, 250mal vergr.  
a. Epithel scharf begrenzt, unmittelbar übergehend in die fettthaltigen Zellen; b. im Innern des Drüsenbläschens. B. Talgzellen aus den Drüsenbläschen und dem Hauttalg, 350mal vergr. a. Kleinere fettarme, noch mehr epithelartige kernhaltige Zelle; b. fettreiche Zellen, ohne sichtbaren Kern; c. Zelle, in der das Fett zusammenzufließen beginnt; d. Zelle mit einem Fetttropfen; e. f. Zellen, deren Fett theilweise ausgetreten ist.



Talgdrüsenschichten, welche nicht mit Haaren zusammenhängen. Jede sitzt eine glashelle, kernhaltige Hülle, die im Innern mit rundlichen Auskleidungen ausgekleidet ist, welche reichlich mit Fett erfüllt sind, aber auch meist einen Kern wahrnehmen lassen.

Die Schweiss- und Ohrschmalzdrüsen sind mit einem reichlichen Nervenetz umspunnen, das den kleineren Talgdrüsen fehlt. Es beruht auf zweifelhaft die verschiedene Mechanik ihrer Sekretbildung. Während die Drüsen unter den Bedingungen des gesteigerten Druckes in den Hautkapillaren sekretieren, ist das Sekret der Talgdrüsen nichts Anderes als der Inhalt fettiger Metamorphose zerfallenen Drüsenzellen. (Zur Entwicklungsgeschichte Kap. I.)

### Schweiss und Schweissabsonderung.

Der Schweiss ist, obwohl SCHOTTEN Spuren eines Farbstoffs auffand, eigentlich farblos, durchsichtig, sauer reagirend, von verschiedenem Geruch nach den Hautstellen, von denen er gewonnen wurde. Der künstlich dargestellte Schweiss ist meist mit Hauttalg und Epidermisschuppen verunreinigt. Er gehört zu den wasserreichsten Sekreten, sein fester Rückstand schwanken nach den vorhandenen Analysen zwischen 0,4% und 2,2%. Die Hauptmasse des Rückstandes besteht aus Kochsalz von 0,2—0,6%. Ausserdem findet sich in ihm: Fette, flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure und nach Einigen normal Harnstoff (FENKE, FAYRE u. A., ich konnte ihn nicht auffinden). Unter den anorganischen Salzen findet sich neben dem Kochsalz das die Hauptmasse derselben ausmacht, auch Chlorkalium, phosphorsaurer Kalk und Magnesia und Eisenoxyd. Wir sehen, es sind Salze, welche im Schweiss den Organismus verlassen. FAYRE will eine stickstoffhaltige Säure, Schweissäure, im Schweisse aufgefunden haben. BERZELIUS erwähnt Ammoniaksalze; es steht nicht fest, ob letztere sich durch faulige Zersetzung in dem Schweisse gebildet haben.

Die Bedingungen der Schweissabsonderung sind noch nicht vollkommen bekannt. Im Allgemeinen sehen wir Schweiss auftreten durch alle Momente, welche den Blutdruck in den Kapillaren der Schweissdrüsen über eine bestimmte Grösse erhöhen, also bei Vermehrung des Wassers im Blut und durch Trinken, besonders lauwarmer Getränke; durch erhöhten Druck in den Arteriensystemen, Erweiterung der Kapillaren der Schweissdrüsen und durch Erregung. Wir sehen dann Schweiss mit Röthung der Haut aus der letztgenannten Ursache auftreten bei gesteigerter Temperatur der umgebenden Luft, besonders wenn die Luft selbst stark mit Wasserdämpfen geschwängert ist. Die Sekretion tritt auf dem Wege der Filtration und Diffusion ein; auch hier mag, wie bei anderen Drüsen, neben der Funktionirung der Epithelzellen die saure Reaktion des Sekretes einflussreich sein. Neben dem Uebertritt des Albumins aus dem Blute in den Schweiss tritt auch ein Theil des Drüsensekretes direkt aus dem Blute ein; ein Theil des Fett, rührt von fettigem Zerfall der Drüsenzellen her. Die Muskulatur der Haut und der Drüsen selbst betheiligt sich an dem

aus den Drüzenschläuchen und Knäueln. Andere als vasomotorische Einflüsse auf die Schweissbildung selbst werden zwar vermuthet, nicht nachgewiesen.

Nach dem Reichthum der Hautstellen an Schweissdrüsen ist die Schweissung an einer Stelle der Haut stärker als an der andern, Stirne und Achseln schwitzen am stärksten. KRAUSE zählte auf einem  $\square$  Haut an der hintere Seite 440—600 Drüsen, ebensoviel an der Wange, dem Ober- und Unterarm; 940—1090 an der Vorderseite des Rumpfes, Hals, Stirn, Vorder- und Fussrücken, 2685 an der Sohle, 2736 an der Handfläche. Die Zahl (ohne die Schweissdrüsenknäuel der Achsel) berechnet sich danach (KRAUSE) 2,380,248. Der Gesamthflächenraum, der der Schweissabgabe dient, eingerechnet die Drüsen der Achselhöhle, berechnet sich zu 1 Kubikzoll. Diese grossen Zahlen lassen begreifen, wie die Schweissabgabe dann, wenn die Bedingungen zu ihrer Entstehung zusammentreffen, grosse sein kann. Nach den Bestimmungen FAYRE's, der den Schweiss in einem Schwitzbade auffing, während die Versuchsperson darin nackt auf einer Liege lag, in welche der Schweiss abfloss, betrug die in  $1\frac{1}{2}$  Stunde entlassene Menge zwischen 1500 und 2500 Gramm. In einem Schwitzbade verlor ich in 17 Minuten 1280 Gramm, also über  $2\frac{1}{2}$  Pfund. Unter andern Umständen kann bei vollkommener Gesundheit die Schweissbildung Monate lang ganz ausbleiben. Manche Personen schwitzen sehr leicht und viel, andere wenig, es lässt sich immer ein Grund dafür in der Körperbeschaffenheit auffinden liess. Muskelanstrengung wirkt wie die gesteigerte äussere Temperatur schweisstreibend. Auch psychische Einflüsse, z. B. Furcht, sehen wir auf die Schweissbildung von beförderndem Einfluss. Merkwürdig ist es, dass unter Umständen eine Absonderung, welche der Schweissbildung entgegensteht, krankhaft so bedingbar sein kann, dass auch bei Zusammentreffen aller Schweiss befördernden Bedingungen doch die Haut nicht zum Schwitzen kommt. In andern Krankheitsfällen ist es umgekehrt. Ein Fingerzeig, dass es sich hierbei um auch sonst vorkommende Absonderungseigenthümlichkeiten handelt, liegt darin, dass nach Aufhebung der Schweissbildung diese öfters auch bei scheinbarem Fortbestand der Bedingungen dazu nachlässt.

Mit der stärkeren Absonderung und zunehmenden Schweissmenge nehmen auch die organischen Stoffe im Schweisse ab, die anorganischen zu. Die verdünnten Partien Schweiss reagiren sauer, die späteren neutral, selbst alkalisch. Die saure Reaktion und der Schweissgeruch rührt zumeist von freien Fettsäuren her. Je nach den Körperstellen ist der Schweissgeruch verschieden.

Im dem Sekrete der Ohrenschmalzdrüsen überwiegen die Fette sehr stark. Neben den anorganischen Salzen findet sich Oel und Margarin, auch ein Albuminat und ein löslicher bitterer Stoff. Das Mikroskop zeigt in Ohrenschmalz Fettzellen, freies Fett, Cholesterinkrystalle, Epithelialzellen und Kerne. Das Sekret der Talgdrüsen zeigt die genannten mikroskopischen Bestandtheile ebenfalls. Frisch abgesondert ist es halbflüssig, ölig, an der Oberfläche erstarrt es. Es enthält ausser Wasser ein caseinähnliches Albuminat, Palmitin, Oel, Seifen mit den Fettsäuren der genannten Fette und anor-



ganische Salze, die qualitativ mit denen des Schweisses übereinstimmen, quantitativ überwiegen aber die phosphorsauerer Erden. Die Verbindung stimmt chemisch mit dem Hauttalg überein. Das Smegma praeputii enthält eine Ammoniakseife. Es besteht stets zum grössten Theile aus abgestossenen Epidermiszellen der Eichel.

### Hautthätigkeit bei krankhaften Zuständen.

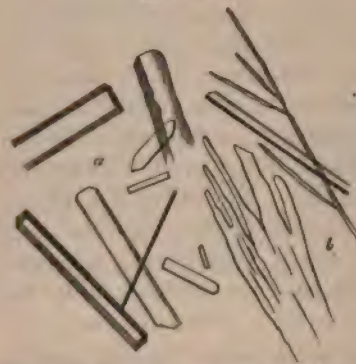
Für den Arzt sind die Veränderungen der Hautsekretion in Krankheiten wichtig. Es ist bekannt, dass eine der häufigsten Krankheitsursachen in Einflüssen auf die Haut liegt: Erkältung besteht, von welcher wir anzunehmen gewohnt sind, dass die Perspiration einwirke.

Der Schweiss zersetzt sich sehr leicht, es wird dabei wahrscheinlich durch flüchtige Fettsäuren seine Reaktion noch saurer als normal, oder sie wird durch stickstoffhaltiger Stoffe (Harnstoff?) alkalisch, wobei Ammoniaksalze auftreten.

Ueber die krankhafte Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Schweisses sind nur wenige sichere Angaben vorhanden.

Am sichersten konstatiert ist ein bedeutender Harnstoffgehalt (Schorr) im Schweisse bei gehinderter Harnstoffausscheidung durch die Niere, wie bei organischen Nierenleiden und Cholera vorkommen kann. Der Harnstoffgehalt im Gesichtsschweisse kann in der Cholera so hoch sein, dass er sich als ein krystallinischer Beleg nach dem Verdunsten des Wassers auf der Haut abscheidet (Fig. 454).

Fig. 454.



Krystallisationen des Harnstoffs. a. Auskrystallisirte viersseitige Säulen. b. unbestimmte Krystalle, wie sie aus alkoholischer Lösung anzuschliessen pflegen.

Um ihn zu erkennen, löst man den abgeschabten Beleg in Alkohol, kocht im Wasserbade bis fast zur Trockne, den gebliebenen Rückstand durch wenig Salpeter- oder Oxalsäure, charakteristische, krystallinische Krystalle des Harnstoffs entstehen.

Lässt man konzentrierte Harnstofflösung mit reiner (nicht rauchender) Salpetersäure im Mikroskop zusammenfliessen, so bilden sich erst stumpfe Rhombenoktaeder, welche immer mehr Massentheilchen anziehen, bis endlich rhombische oder tafelförmige Krystalle entstehen. Der spitze Winkel derselben beträgt 120°.

Ähnlich schlägt sich der Harnstoff in alkalischen Lösungen durch Zusatz konzentrierter Oxalsäurelösung nieder, in sauren oder seltener als viersseitige Säulehen (Fig. 455).

Im Schweisse Diabetischer konnten Nasse u. A. Zucker nachweisen.

Im stinkenden Fusschweisse finden sich durch faulende Epidermisabfälle, Drüsensekret und Schmutz: Leucin, Tyrosin, Baldriansäure, Ammoniak.

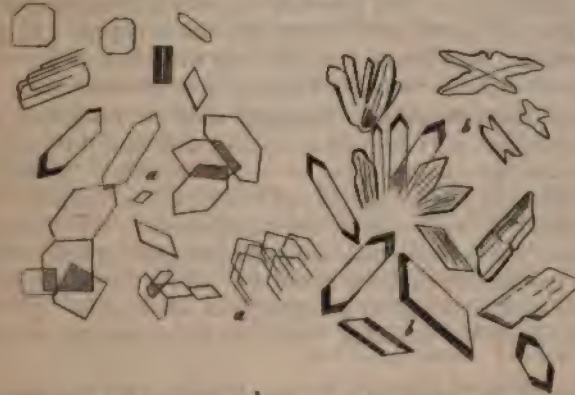
Im Hitzestadium bei Wechselfieber soll sich im Schweisse viel Harnstoff zeigen.

Im Schweisse »Steinkrankter« soll sich Harnsäure finden.

Im klebrigen Schweisse bei Rheumatismus acutus will man Albumen haben.

Schweiss zeigt sich hie und da gefärbt. Bei Ikterus können vielleicht Gallenfarbstoffe Wäsche manchmal gelbfärbenden Farbstoff abgeben. Man hat rothe und blaue

Fig. 155.



Krystalle der Verbindungen des Harnstoffs mit Salpetersäure und Oxalsäure.  
 aa Salpetersaurer Harnstoff. bb Oxalsaurer.

se beobachtet, als Grund der letzteren konnte Bizio in einem Falle Indigo erkennen. glaubt, dass die blaue Farbe auch von Pyrocyanin herrühren könnte (s. Eiter), auch wahrscheinlich eine Beobachtung SCHWARZENBACH's spricht.

rothe Schweiss erhält seine Farbe meist von Beimischung von Blut. FERRARS beobachtet bei Paralytikern an der Kopfhaut wahre Blutungen aus den Schweissdrüsen; er sah rothen, blutkörperchenhaltigen Schweiss bei einer hysterischen Frau, es zuerst Schmerzen in den später blutschwitzenden Hautpartien voran. Auch ältere Blutungen der Art existiren. Der Ort des Blutschwitzens ist vorzüglich die Stirne, Achselhöhle, Hände, zuweilen tritt es nur halbseitig auf. Congestionen zu den betroffenen Hautpartien scheinen stets die Hauptursache dieser Affektion zu sein. Bei gelber Leber finden sich nicht selten blutige Schweisse.

schwarze Schweisse an ganz lokalisirten Hautstellen (Augenlidern z. B.) wie es scheint, sicher beobachtet (Chromhydrose).

Medikamente gehen in den Schweiss über, dessen Zusammensetzung verändern. SCHOTTIN fand im Schweiss eingenommene Bernsteinsäure und Weinsäure.

Einnahme von Benzoesäure soll der Schweiss wie der Harn Hippursäure enthalten.

Mittheilungen von G. BERGERON und G. LEMAITRE lassen sich im Schweisse von Indigo, welche arsensaures Kali oder Natrium innerlich bekamen, diese Salze unverändert nachweisen. Arsenigsaures Eisen zersetzt sich: das Eisen wird durch den Harn, die Arsensäure durch den Schweiss ausgeschieden. Iodquecksilber erscheint im Harn als Iodquecksilberchlorid, während Quecksilberchlorid selbst unverändert übergeht. Iodkalium und Jodnatrium im Gegensatz zu Andern im Schweiss nicht aufzufinden.

### Die Unterdrückung der Hautthätigkeit.

wird als Krankheitsursache bei Erkältungen vorausgesetzt und ist dieselbe bei Erkältungen sicher. Man bestreht, um die Wirkung des Ausschlusses der Hautthätigkeit



experimentell zu beobachten, die Haut von Thieren mit einem luftdichten Tuche z. B. mit Firniss (Leinölfirnis, Gummi etc.). Es zeigt sich, dass die lackirten Thiere nach kürzerer oder längerer Zeit sicher zu Grunde gehen. Der Tod tritt bei kräftigeren später ein als bei schwächlicheren; nach GERLACH bei Pferden erst nach 3–4 Tagen. Hat man nicht die ganze Haut gefirnisst, sondern eine grössere oder kleinere Partie derselben frei gelassen, so werden die Erscheinungen um so geringer, je grösser die bleibende Hautpartie ist. Nach EBENHUIZEN gehen aber Kaninchen noch zu Grunde, wenn mehr als  $\frac{1}{8}$ – $\frac{1}{6}$  ihrer Körperoberfläche der Perspiration verschlossen ist.

Unmittelbar nach dem vollkommenen Ueberzuge sinkt die Temperatur mit dem Tode, ebenso die Athmungs- und Pulsfrequenz. Ist die bestrichene Stelle nur klein, so steigt sich statt eines Sinkens der Athemfrequenz ein Steigen derselben. Es scheint, dass das Lackiren erzeugt werde, welches letzterer das charakteristische Bild der Harnabsorption genannenen Funktionen bei geringer Ausdehnung der gefirnissten Fläche verdeckt. GERLACH sah dem Absinken der Temperatur und den anderen Funktionen bei Pferde eine Steigerung der Herzaktion und Athmungsfrequenz vorausgehen. Das Temp sinken beobachtete er erst bei nahendem Tode. Die Thiere zitterten und mochten rasch ab.

Es fragt sich, was ist die Todesursache bei dem Ausschluss der Hautathmung? Esuche von FOURCAULT, GERLACH, DUCROIS, BECQUEREL-BRECHET, MAGENDIE, GUYE etc. eine Ueberfüllung der Gefässe, Blutanhäufung im Herzen und Erguss in die Höhlen, pers von serösen Flüssigkeiten, zum Beweise, dass die Nieren und Lungen die Thätigkeit der Haut nicht übernommen haben; GERLACH fand bei Pferden eine Vermehrung der Harnabsorption. Es ergaben die Sektionen weiter: Hyperämie der Muskeln, Leber, Milz, wässrige Ergüsse in die Pleura und Bauchhöhle, Blutaustrete aus den Magenschleimhaut, Blutüberfüllung und Oedem der Haut. Man dachte vielleicht, dass vielleicht die zurückgehaltenen Stoffe, welche im Schweiss ausgeschieden werden, »Perspirabile retentum«, die Ursache der Erkrankung sein könnten. EBENHUIZEN hat unter dem Ueberzuge eiternden Haut Tripelphosphatkrystalle (phosphorsäure Magnesia). Hatte er kleine Partien der Haut von der Bestreichung frei gelassen, so sah er während des Lebens (mittels Hämatoxylinpapier) die Ausscheidung eines Ammoniaks nachweisen, was bei gesunden Thieren nicht der Fall ist. Es ist fraglich, ob die Ammoniaksnachweise sich nicht einzig auf die in den eiternden jauchigen Wunden eingedrungenen Lacküberzug, wie sie EBENHUIZEN bei seinen Thieren beschreibt, beziehende Entstehung von Ammoniak durch Fäulnis beziehen. Dass diese Krystalle Ausscheidung von Tripelphosphat auch bei anderen Fäulnisprocessen im Leben stattfinden kann, sah ich bei Kaninchen, die ich mit Substanz aus brandigen Wunden hatte, und deren fauliges Unterhautzellgewebe mit diesen Krystallen ganz durchsetzt war. Es scheint mir der Gedanke, dass es sich wenigstens bei einigen der beschriebenen Fälle des Lackirens um Zurückhaltung der sonst im Schweiss ausgeschiedenen flüchtigen Stoffe handelt, sehr naheliegend zu sein. Dass derartige Säuren im Schweiss den Tod verursachen, steht fest. Ebenso ist bewiesen, dass durch Einführung von Säuren in das Blut die Herzfrequenz als die Temperatur herabgesetzt werden kann. Die eintretende Erweiterung an der überfirnissten Haut führt, wenn eine entsprechend grosse Hautfläche dadurch verändert ist, die starke Temperaturabnahme herbei, wie EBENHUIZEN und LASCHKEWITSCH als eine Todesursache ansprechen.

### Die Resorption durch die Haut.

**Anwendung** einer Reihe äusserlicher Medikamente, Mineralbäder etc. beruht auf **Aufnahme**. Zweifelsohne besteht sie für gasförmige Stoffe, wie durch **GERLACH** sicher **erwiesen**. Dass die Haut bei der Athmung sich theilweise und dabei Sauerstoff absorbiert, ist **hierher** gehörige Fundamentalnachweis. In ähnlicher Weise können auch giftig-**anästhesisirende** Gase resorbirt werden, sodass sie von der Haut aus wirken: **Blau- schwefelwasserstoff**, Aether, Chloroform etc. Offenbar haben wir es hier mit einer **der** Schweissdrüsen zu thun.

**Resorption** flüssiger oder salbenartiger Stoffe von der unverletzten, normalen Haut **gegen** bisher noch nicht sicher nachgewiesen. Die endosmotischen Versuche mit **Blut** ergeben für die Aufsaugung ein negatives Resultat. Tritt eine Aufnahme ein, so **gewiss** ebenfalls vor allem durch die Drüsenmündungen statt. **Vorr** fand mikroskopisch **Quecksilberkügelchen** auf Durchschnitten der Epidermis, einzelne sogar in der **Blutbahn** er an dem noch warmen Körper einer Hingerichteten an der Beugeseite des Halses eine Portion graue Salbe eingerieben hatte. **DONNERS** sah schon Speichel bei Hautentzündungen (Erysipelas) in Folge Quecksilberaufnahme in das Blut bei **Aufliegen** von Salben auf die entzündete Hautstelle eintreten. Dagegen ist Resorption **von** Stoffen in Bädern nicht erwiesen, alle genaueren Untersuchungen scheinen dagegen **zu** sprechen. So konnte z. B. **BRAUNE** nach einem Fussbad mit Iodkalium nur dann Iod in **Blut** finden, in die es, sowie es im Organismus ist, sehr rasch übergeht, nachweisen, wenn **Verbindung** des Iods aus dem Bade nicht gehindert war, sodass sich aus seinen **Versuchs** ergiebt, dass die Aufnahme des Iodes dann durch die Athmung stattgefunden hatte. **Parisot** schützte sein Iodkaliumfussbad vor der Verdunstung durch eine darüber geschichtete **Decke**.

**Ein** neues Stadium ist die Frage über Hautresorption durch die Beobachtungen **PARISOT** **erwiesen**. Er konnte durch genaue Versuche theilweise an sich selbst angestellt keine **Resorption** von wässrig gelösten Stoffen durch die unveränderte Haut nachweisen. Er experimentirte mit warmen Bädern von  $\frac{1}{2}$ —2 Stunden Dauer, welche grosse Quantitäten von **Salz**, Ferrocyankalium, Chlorkalium, schwefelsauerem Eisenoxydul, Belladonna, **Opium** und Rhabarber enthielten. Er untersuchte Speichel und Harn, ohne jemals eine Spur **von** gelösten Stoffe in ihnen auffinden zu können; nach Belladonnabad trat keine **Verengung** der Pupillen ein, nach Digitalis keine Pulsverlangsamung, nach Rhabarber **war** der Harn nicht roth. **PARISOT** zeigte nun, dass die Unfähigkeit der Haut, wässrige **Stoffe** zu resorbiren, von dem Fettüberzug, den dieselbe durch den Hauttalg erhält, **abhängt**. Brachte er die Stoffe in einem Medium gelöst auf die Haut, welches den Hauttalg **entfernt**, z. B. in Alkohol, Aether und am sichersten Chloroform, so stellte sich **Resorption** ein. Atropinlösung, mit Chloroform vermischt auf die Haut applicirt, **gegen** die Stirn gehalten, in 3 Minuten Pupillenerweiterung, eine alkoholische Lösung **wirkte** dasselbe erst nach einer halben Stunde, eine wässrige, essigsauere dagegen **keine**.

### Die physiologische Hautpflege.

**Besteht** in der Aufgabe der Reinlichkeit. Tägliche Waschungen des Gesamtkörpers **sind** für das Wohlbefinden und die Gesundheit von grösster Wichtigkeit. Die Wirkung **besteht** in dem Auflösen des fettigen Schmutzes auf der Haut, der dem Wasser **entzogen** wird. Nach **LIEBIG** steht der Verbrauch an Seife in direktem Verhältniss zur Kultur-**stufe**.



höhe der Völker. Die Reinlichkeit steht in demselben direkten Verhältnis zum durchschnittlichen Gesundheitszustand. Man hat bei der militärischen Gesundheitspflege von regelmässiger Badegelegenheiten (Badezimmer in den Kasernen) für die Truppe den wichtigsten Einfluss auf den durchschnittlichen Gesundheitszustand (resp. zu beobachten. Es ist Pflicht, regelmässige Bäder den ärmeren Volksklassen durch öffentliche Einrichtungen zu ermöglichen. Keiner Korrekptions- oder Erziehungsanstalt darf ein Zimmer mit regelmässiger Benützung fehlen.

Der Wechsel der Leibwäsche ersetzt wenigstens in etwas das tägliche Waschen des Körpers. Die Leibwäsche saugt die Hautabsonderung in sich ein, sie entfernt den in der Luft schwebenden Staub, der sich auf die Haut niederschlagen würde, und verhindert namentlich durch fortwährendes Trockenhalten der Haut, die Ansammlung von Schmutz. Wir schicken unsere Leibwäsche von Zeit zu Zeit an unserer Statt ins Bad. Während der Nacht verliert das ausgezogene Taghemd sein hygroskopisch Wasser und wird dadurch wieder von neuem geschickt, seine Funktionen zu erfüllen. Ebenso ist es am Tage mit dem Nachthemd.

---

# **Specielle Physiologie.**

---

## **II.**

### **Physiologie der Arbeitsleistung.**

---





## I. Thierische Wärme.

### Siebenzehntes Kapitel.

#### Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.

Wirkung abnorm niedriger und hoher Temperaturen auf den thierischen Organismus.

Wir finden alle thierischen Organismen mit einer von der Temperatur ihrer Umgebung in weiten Grenzen unabhängigen Eigentemperatur begabt. Der erwachsene menschliche Körper hat eine ziemlich konstante Temperatur von  $37^{\circ}\text{C}$ .

Es unterliegt keinem Zweifel, dass in der Konstanterhaltung der thierischen Wärme eine der Hauptfunktionen des Blutes besteht.

Wir haben das Blut als die Hauptursache der Wärmeproduktion in den thierischen Organismen kennen gelernt. Auf seiner Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen und diesen den Organen zu ihren nöthigen Funktionen zu übergeben, beruht die Möglichkeit der Wärmebildung während des Lebens. Sobald der Organismus aufhört, in physiologischer Weise Wärme zu bilden, hört er damit auf zu leben, da das thierische Leben zu allen seinen Funktionen eine von aussen kommende Wärme bedarf. Ausser in der organischen Oxydation selbst, welche das Blut ermöglicht, regelt das Blut durch seine Cirkulation die Wärme des Organismus und seiner Organe.

Bei der Betrachtung des Zellenlebens schon sahen wir alle normalen organischen Vorgänge von einer konstanten Temperatur, die sich in mittlerer Höhe, unabhängig von der Umgebung, abhält. Der Muskel, der Nerve, die Drüsen werden in ihren Lebensfunktionen beeinträchtigt, sowie ihre Temperatur um einige Grade unter die normale sinkt. Wir sehen die Zuckung des Muskels, die Erregungsleitung im Nerven bei Kälte zuerst verlangsamt, dann ganz unterbrochen.

Bei lebenden Thieren (Kaninchen), deren Verhalten der künstlichen Abkühlung gegenüber untersucht wurde, zeigte sich, wenn die Temperatur bis zu einem gewissen Grad gesunken war, ein Verlust der Bewegungsträgheit, dann Schwinden der Gehirnfunktionen. Der Tod durch Erfrieren erfolgt durch eine Gehirnanaemie (Blutleere), welche durch Herabsetzung der Herzthätigkeit



durch die Kälte eintritt. Das Herz funktioniert ebenso wie alle Organe unter der Temperatur erkaltet weniger lebhaft. Bei weissen Kaninchen wird der Augenblick im Tode durch Erfrieren blass, anämisch; es treten allgemeine Muskelkontraktionen ein, denen der Tod erfolgt (A. WALTHER). Die Abkühlung bei Kaninchen gelang bis zu  $+20^{\circ}\text{C}$ . Wenn der Körper diese Temperatur angenommen hatte, war eine selbständige Wiedergeburt des Thieres nicht mehr möglich. Die Herzfrequenz sinkt durch Erkältung schnell. Bei Kaninchen, deren Herz sich in der Minute normal etwa 100—150mal schlägt, sinkt bei einer Erkältung auf  $+20^{\circ}\text{C}$ , die Frequenz der Herzschläge auf 50, ja auf 10 in der Minute. Endlich steht das Herz ganz still. Verschiedene Thiere zeigen eine nicht unbeträchtliche Verschiedenheit in ihrem Verhalten gegen die Abkühlung. Während WALTHER angegeben, bei dem Kaninchen, den Tod schon bei einer Erkältung auf  $+13$  bis  $+15^{\circ}\text{C}$  zu sehen sah, konnte er den Ziesel (Suslik der südrussischen Steppen), einen Winterschlaf auf  $+4^{\circ}\text{C}$  abkühlen, ohne dass er die Fähigkeit verlor, sich selbständig wieder zu erwachen, wenn er in eine wärmere Temperatur 10 bis  $12^{\circ}\text{C}$ . gebracht wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass die Herzthätigkeit des Winterschläfers durch die Temperaturerniedrigung in derselben bedeutenden Weise sinkt, als bei dem nicht winterschlafenden Kaninchen auf  $+20^{\circ}\text{C}$ . Körpertemperatur zeigte der Suslik noch 150 Herzschläge in der Minute, die Herzfrequenz des Kaninchens schon so bedeutend vermindert war.

Die Angaben der Reisenden in arktischen Gegenden bestätigen die Erfahrungen über Erkältung bei Thieren auch für den Menschen. Dr. med. KARR, der Nordpolfahrer, beschreibt die Wirkung der übermässigen Kälte zuerst als in sich mehr zunehmenden Unlust zur Bewegung bestehend; die Hemmung der Bewegung durch Kälte steigt endlich bis zu einem so hohen Grade, dass die Aktion der Muskeln gänzlich aufhört. Bald tritt eine Unnützigkeit der Sinne und Unfähigkeit zu Denken ein, unwiderstehlich zum Schlafen zwingt. Der genannte kühne Reisende beschreibt den Zustand des Erfrierens, der ihn mehr als einmal an die direkte Grenze des Todes geführt hat, als schmerzhaft und ungemein peinlich. Er konnte Nichts von der Annäherung an den Schlaf zu bemerken, von welcher man im warmen Zustande zu träumen pflegt. Es stimmt diese Selbstbeobachtung KARR's ganz mit dem physikalischen Experimente überein, welches eine Verzögerung und schliesslich eine vollständige Hemmung der Bewegungsleitung im Nerven in Folge der Kälte erwiesen hat.

Die Beobachtungen WALTHER's lehren, dass das erkaltete Thier, trotzdem die Lebensfunktionen schon vollkommen erloschen scheinen, doch wieder zum Leben gebracht werden kann. Wenn alle spontanen Bewegungen des erfrorenen Thieres (bei Kaninchen) vorüber sind, wenn das Herz nur noch ganz schwach und selten schlägt, tritt zwar von selbst, auch wenn man das Thier künstlich wieder erwärmt, keine Bewegung mehr ein. Man kann aber dem Anscheine nach seit 40 Minuten durch Kälte getödtete Thiere wieder vollständig beleben, wenn man, zugleich mit künstlicher Wärmezufuhr eine künstliche Athmung einleitet. Das Gehirn und die Nerven können, nachdem sie gelähmt waren, dadurch wieder belebt werden. KUNZE hat gezeigt, dass sogar frische Froshmuskeln nach dem Auftauen noch zuckungsfähig sein können. Die Erfahrung am Suslik zeigt, dass auch bei Warmblütern unter Umständen die Körperwärme sich dem Gefrierpunkte des Wassers sehr nähern kann ( $+4^{\circ}\text{C}$ ), ohne dass die Lebensfähigkeit gänzlich erlischt. Die winterschlafenden Säugethiere zeigen eine Abhängigkeit ihrer Eigentemperatur von der Lufttemperatur. In den Höhlen der Thiere beträgt letztere im Winter  $+3$  bis  $+5^{\circ}$ . Sinkt die Temperatur unter  $0^{\circ}$ , wachen die Thiere und VALENTIN sah, dass bei so niedriger Temperatur der Winterschlaf gar nicht eintritt. Er fand den Ueberschuss der Körperwärme über die bei Marmelthieren im Winterschlaf verschieden je nach der Tiefe des Schlafes. Der Temperaturüberschuss betrug im Mittel bei aus dem Winterschlaf erweckten Individuen schlaftrunkenen  $18^{\circ}$ , bei leisem Schlaf  $6^{\circ}$ , bei festem Schlaf nur  $4^{\circ}$ . Das Leben er-

Kälte zuerst für einige Zeit nur latent, ohne dass es den erkalteten Körper schon verlassen hätte.

Der thierische Organismus seine Eigentemperatur unter der fortgesetzten Einwirkung sehr bedeutenden Kälte nicht behaupten kann, so sehen wir seine Widerstandsfähigkeit höheren Temperaturgraden der Umgebung gegenüber ebenfalls nicht unbegrenzt. OBERNIEN in seinen Versuchen Thiere in einer konstanten äusseren Temperatur von  $40^{\circ}\text{C}$ . schon 4 Stunden sterben, wenn er ihnen weder Wasser noch Nahrung reichete. Er sah dabei Anfang des Versuches die Eigentemperatur des Thieres etwas sinken, dann aber ziemlich allmählich ansteigen, bis sie  $45^{\circ}$  erreicht hatte, wobei der Tod eintrat. Dem Tode ging ein Stadium der Ermattung und Schläfrigkeit voraus, dann folgten Allgemeinkrämpfe, welche bis zum Tetanus steigern konnten. Der Tod trat unter Schwinden des Bewusstseins ein. Es ist wahrscheinlich, dass bei diesem Versuche OBERNIEN's die Thiere sich in einem mit Wasserdampf nahezu gesättigten Raum befanden. DE LA ROCHE hat nämlich schon beobachtet, dass Thiere in einer mit Wasserdämpfen überladenen Luft selbst nicht überleben können als das umgebende Medium und zwar um  $2-6^{\circ}\text{C}$ . Dagegen fanden DE LA ROCHE und BERGER bei Kaninchen, die sie einer trockenen Temperatur von  $50-90^{\circ}\text{C}$ . ausgesetzt hatten, nur ein langsames Steigen der Eigenwärme.

Ebenso wie auf den Gesamtorganismus sehen wir die gesteigerte Wärme auch auf die einzelnen Körperorgane von Einfluss. Bei höherer Temperatur sehen wir alle organischen Vorgänge zuerst rascher verlaufen. In den Nerven sehen wir die Leitungsfähigkeit der Bewegung und die Erregbarkeit ansteigen. Höhere Grade der Wärme vernichten aber sehr bald die Lebens Eigenschaften der Gewebe. Die Nerven und Muskeln, Blutkörperchen, Drüsen sehen wir schon bei einer Erhöhung ihrer Temperatur um wenige Grade über die Normaltemperatur des Körpers plötzlich absterben, in die sogenannte Wärmestarre verfallen, welche auf einer Gerinnung eines Theiles der in dem Gewebssaft gelösten Eiweisssubstanzen (Myosin z. B.) beruht. Bei Kaltblütern tritt diese Gerinnung und in deren Gefolge der Tod des Gewebes schon bei  $40^{\circ}\text{C}$ . ein, bei Säugethieren und dem Menschen zwischen  $45$  und  $50^{\circ}\text{C}$ ., bei Vögeln erst bei  $53^{\circ}\text{C}$ . (KÜHNE).

Die Körperwärme der Säugethiere liegt zwischen  $36-40^{\circ}\text{C}$ ., die der Vögel zwischen  $40-43^{\circ}\text{C}$ . Die kaltblütigen oder nach BERGMANN wechselwarmen Thiere (die Kaltblüter sind die gleich warmen Thiere), zeigen bei verschiedenen äusseren Temperatureinflüssen verschiedene Temperaturen. Im Allgemeinen sind sie bei äusserer niedriger Temperatur höher, bei hoher niedriger temperirt als das Medium, in dem sie sich befinden. Doch beruht die Wärmebildung bei ihnen auch zunächst auf dem Stoffumsatz. Der Mensch ist bei  $15^{\circ}$  um  $0,3$  bis  $0,7^{\circ}$ , bei  $60$  um  $4$  bis  $2^{\circ}$  wärmer als das umgebende Wasser (KRAUZE). Nach einem einstündigen Aufenthalt in einer Luft von  $45^{\circ}$  betrug seine Temperatur nach HUNTER  $37^{\circ}$ . Hier schützt die Verdunstung an der feuchten Haut vor übermässiger Erwärmung, dem Schwitzen (cf. unten) analog.

### Die Körpertemperatur.

Wenn auch im Allgemeinen die Temperatur des menschlichen Organismus konstante genannt werden kann, so setzt sich doch auch dieses Gleichbleiben der organischen Funktion aus regelmässigen Auf- und Abwärtsschwankungen zusammen. Es müssen sich selbstverständlich in der Wärme des Körpers, die als ein Produkt der Intensität der Oxydationsvorgänge im Organismus kennen gelernt haben, alle jene vielfältigen Schwankungen zu erkennen geben, die wir dem Gesamtorganismus je nach seinen veränderlichen Allgemeinzuständen, vornehmlich je nach der Nahrungsaufnahme kennen gelernt haben, oder die sich in den



einzelnen Organen entsprechend den Verschiedenheiten in ihrer Lage ergeben.

Auch bei allen bisher betrachteten Lebensvorgängen zeigte sich gleichen Individuum ein unablässiges Ansteigen und Absinken zum, dass im Organismus zu verschiedenen, nahe neben einander liegenden z. B. schon im Laufe eines Tages die inneren Bedingungen seiner Verbrennung und Stoffumsetzung vielfältig wechseln. Die Sauerstoff- die Kohlensäure- und Harnstoffausscheidung, die Gallebildung, die übrigen Verdauungssekrete, die Muskelthätigkeit im Schlaf und Wache die Gehirnthätigkeit etc. sehen wir niemals gleich bleiben, sondern in weniger ausgesprochener Regelmässigkeit während der Tageszeiten in ihrer Intensität auf- und abwärts schwanken. Nur theilweise sind diese Schwankungen von der zu bestimmten Zeiten erfolgenden Nahrungsaufnahme abhängig, achtungen bei Individuen, denen während der Beobachtungszeit kein Nahrungsgut gereicht wurde, zeigen auf das deutlichste, dass ein analoges Wechseln dieser starkwirkenden Ursache unabhängig, aus im Organismus selbst Ursachen, regelmässig eintritt. Diese Tagesschwankungen in den Lebensvorgängen bilden eine Analogie zu den in grösseren Zeiträumen den thierischen Lebensperioden: Menstruation, Brunst, Haar- und Fellschleutung, Winter- und Sommerschlaf etc. Alle diese Verschiedenheiten rühren von der verschiedenen Energie der Verbrennungs- Zersetzungs- gänge im lebenden Organismus her. Den weit überwiegend grössten Einfluss bei diesen chemischen Vorgängen üben die Kräfte aus, welche wir als Wärme auftreten: die thierische Wärme muss also die gleichen Schwankungen erkennen lassen.

Wir haben die verschiedenen Lebensalter als Repräsentanten von allgemeiner Körperzustände kennen gelernt. BÄRENSPRUNG'S thermometrische Messungen haben uns ganz analoge Verhältnisse bei den verschiedenen Lebensalter gelehrt, wie wir sie auch in Beziehung auf die Ernährungszustände gefunden haben. Wir sehen auch hier das Greisenalter wieder zu den Verhältnissen zurückkehren. Nach BÄRENSPRUNG beträgt die Mitteltemperatur aus vielfältigen Messungen in den Körperhöhlen während der verschiedenen Lebensalter

beim Neugeborenen:	37,84
5—9 Jahre alt:	37,72
12—20 „	37,37
21—30 „	37,22
31—40 „	36,94
41—50 „	37,10
51—60 „	36,87
61—70 „	36,82
71—80 „	36,46

Die Temperaturen bei verschiedenen Nahrungsweisen sind noch nicht untersucht, doch ergaben die vorhandenen Bestimmungen deutlich die Abhängigkeit der Temperatur mit der Nahrungsaufnahme überhaupt, wie sie die gesteigerten chemischen Umsetzungen im Organismus erwarten lassen. Diefür mag aus vielen Beispielen eine Bestimmung von BÄRENSPRUNG dienen:

Um	5—7	Uhr (Morgens im Bett)	betrug seine Temperatur	36,68° C.
„	7—9	„ (Kaffe)	„	37,16° „
„	9—11	„ —	„	37,26° „
„	11—1	„ —	„	36,87° „
„	1—2	„ —	„	36,83° „
„	2—4	„ (Mittagsessen)	„	37,45° „
„	4—6	„ —	„	37,48° „
„	6—8	„ —	„	37,43° „
„	8—10	„ (Abendessen)	„	37,02° „
„	10—12	„ —	„	36,85° „
„	12—2	„ (aus dem Schlafe geweckt)	„	36,65° „
„	2—5	„ —	„	36,31° „

Die Tabelle ergibt, wie sich erwarten liess, dass die Temperatur nach dem Essen während der Verdauungsperiode am höchsten ist. Wie nach dem Essen zeigt sich dieses Ansteigen der Temperatur auch nach dem Frühstück. Bei dem (leichten!) Abendessen lässt sich keine neue Ansteigung erkennen. Es rührt dieses wohl daher, dass gegen den Abend aus inneren Gründen die Temperatur des Körpers so bedeutend sinkt, dass eine durch das Essen gesetzte Steigerung durch das überwiegende Absinken der Temperatur aus den Ursachen verdeckt werden muss. Nach meinen Beobachtungen, welche entsprechen, ist die Temperatur ohne Nahrungsaufnahme während der Stunden am niedrigsten. LICHTENFELS und FRÖHLICH sahen zwei leichte Sinkungen der Temperatur des Körpers bei Nahrungsenthaltung eintreten, die eine 11 Stunden, die andere 19 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Ich halte wahrscheinlich, dass der Organismus, durch regelmässige Einhaltung der Nahrungsentzeiten an eine regelmässige Thätigkeit gewöhnt, diese auch bei Nahrungsenthaltung in der ersten Zeit nicht verändert. Wenigstens zeigen meine Beobachtungen an hungernden Menschen am zweiten Hungertage in der Temperatur die Hauptsteigerung auch auf 3 Uhr Nachmittags, wohin sie bei BARENHOLM in Folge der Mittagssessenszeit der gebildeten Stände in Deutschland fällt. Wenn schon aus diesen Beobachtungen sich ergibt, dass durch Nahrungsentziehung, und zwar in Folge der durch sie gesetzten Steigerung der Drüsenenthätigkeit und Oxydation, die Körpertemperatur erhöht werden kann, so ergeben die Beobachtungen an hungernden Thieren das gleiche Resultat von der entgegengesetzten Seite. Durch Nahrungsentziehung wird die Temperatur des hungernden Menschen erniedrigt. Nach LICHTENFELS und FRÖHLICH sinkt die mittlere Temperatur des Menschen bei Nahrungsenthaltung von kürzerer Dauer auf 36,60° C., während bei normaler Nahrungsaufnahme dafür 37,17° C. gefunden hatten. Ich finde ein deutliches Sinken der Temperatur bei meinen an mir selbst angestellten 10-tägigen Hungerversuchen nicht nachweisen. CUROSSAT und SCHMIDT fanden an hungernden Thieren, dass sich etwa vom zweiten Tage an die nur wenig sinkende Temperatur konstant erhält, um erst gegen den Todestag stärker abzunehmen. Eine verhungerte Katze SCHMIDT's starb mit einer Temperatur von 36,0° C. Ihre Normaltemperatur hatte zwischen 38 und 39° C. betragen.

Die physiologischen Schwankungen der Temperatur schliessen sich Veränderungen der Körperwärme in Krankheiten an. Wir sehen in Fieberanfällen die Körpertemperatur ansteigen bis weit über die normale Körpertemperatur; die beobachtete Temperatur scheint 44,5° C. zu betragen. Es wird von den



besten Beobachtern angenommen, dass diese gesteigerte Körpertemperatur gesteigerten Oxydationen und vermehrtem Verbrauch von Körperstoff im Hand in Hand gehe. Man kann im Fieber eine gesteigerte Harnstoffabgabe weisen, aus der man auch auf eine Vermehrung der übrigen Ausscheidungen schliessen sich berechtigt hält. HUPPERT glaubt, wie schon angegeben, dass aus dem vorhandenen (ziemlich mangelhaften) Materiale auf eine Kongruenz von Harnstoffvermehrung und Temperatursteigerung im Fieber schliessen zu können, so dass daraus sich ein direkter Beweis ergeben würde, dass auch im Fieber die Erhöhung der Körperwärme von Vermehrung der Zersetzungs Vorgänge Zeiteinheit abhängig sei.

Bei starker Herabsetzung der organischen Thätigkeiten, wie sie bei schweren Schwächezuständen vorhanden zu sein pflegen, am auffallendsten den Eintritt des Erschöpfungstodes, sehen wir die Temperatur bedeutend sinken. Bei Cholera sinkt die Temperatur auf  $26,6^{\circ}\text{C}$ .

Die eben angeführten Temperaturextreme,  $44,5^{\circ}\text{C}$ . bei Fieber und  $26,6^{\circ}\text{C}$ . bei Cholera, scheinen mit der Erhaltung des Lebens unverträglich zu sein. Es scheint danach, dass die Grenze nach abwärts beim Menschen höher liegt, als bei anderen Säugethieren, namentlich bei Kaninchen und Mäusen. Vögel, deren Wärme etwas höher ist als die der Säugethiere, wenn ihre Eigentemperatur auf  $26^{\circ}\text{C}$ . gesunken ist.

Ausser diesen allgemeinen Bedingungen betheiligen sich auch an der Erzeugung der Körpertemperatur noch die einzelnen Organe je nach der Thätigkeit. Die gesteigerte Nerventhätigkeit durch geistige Beschäftigung steigert nach J. DAVY die Körpertemperatur um etwa  $0,3^{\circ}\text{C}$ .; dauernde körperliche Anstrengung hebt sie nach demselben Autor um  $0,7^{\circ}\text{C}$ . ZIEMSEN zeigte, dass der Grund für die im letzten Falle gesteigerte Wärme in den Muskeln selbst zu suchen ist. Auch einige Zeit nach dem Sistiren der Bewegung der Muskeln giebt die Erwärmung noch fort, wie sich durch Temperaturerhöhung der über den Muskeln befindlichen Hautstellen (bis um  $4^{\circ}\text{C}$ .) zu erkennen giebt. Gelähmte Glieder, deren Thätigkeit in Unthätigkeit verharren, zeigen eine niedrigere Temperatur als die nicht gelähmten desselben Körpers. Durch elektrische Reizung kann in diesen die Temperatur der normalen angenähert werden. Die Temperaturzunahme bei Muskelaktion entsteht ungemein rasch.

Abgesehen von den Wärmeschwankungen durch die wechselnde Thätigkeit der Organe, zeigen auch die verschiedenen Körperstellen, ausser den inneren, keine gleiche Temperatur. Es rührt dies hauptsächlich von der Verschiedenheit der Blutzufuhr und von der damit verbundenen Verschiedenheit der Grösse der Zersetzungs Vorgänge bei verschiedenen Organen her. Im Bindegewebe sehen wir die Lebensvorgänge weniger lebhaft verlaufen als in Drüsen-, Muskel- und Nervengewebe. Wir müssen daraus erwarten, dass die aus Bindegewebe vor allem bestehende Haut normal etwas weniger warm temperirt sein müsse als jene bevorzugteren Organe. Die definitive Entscheidung dieser Frage wird dadurch unmöglich, dass auf der Hautoberfläche eine beständige Abkühlung stattfindet, welche für sich die Hauttemperatur herabsetzt. Das Bindegewebe der Haut fanden BECQUEREL und BAUCHER um  $2,1^{\circ}\text{C}$ . wärmer als die Körpermuskulatur. Die Baucheingeweide, namentlich die Leber, zeigen eine höhere Temperatur als Lungen und Gehirn. Die Temperatur

Achselgrube geben um  $\frac{1}{4} = \frac{1}{2}^{\circ}\text{C.}$  niedrigere Werthe als die unter der in der geschlossenen Mundhöhle. Scheide, Mastdarm, Blase sind um etwa ärmer als die Achselgrube.

Das Blut ist an sich nicht das Hauptorgan unter denen, welche Wärme für den Organismus erzeugen. Wir wissen, dass es darin von vielen, vielleicht den meisten Organen übertroffen wird. Das Blut hat aber die wichtige Aufgabe, die verschiedenen Temperaturen der einzelnen Organe auszugleichen. Es löst diese Aufgabe dadurch, dass es in seiner Cirkulation zu allen Organen nicht nur Transportmaterial, sondern auch als eine Wärmequelle zuströmt. Es ist so, dass das Blut aus allen Organen, während es dieselben durchfließt, wenn es wärmer als das Blut selbst temperirt sind, Wärme aufnehmen wird; ebenso aus den Organen, welche eine niedrigere Temperatur besitzen als das Blut, dem durchsetzenden Blute Wärme entziehen und dadurch sich selbst höher erwärmen. Auf diese Weise wird das Blut zum Regulator der thierischen Wärme.

Es leuchtet ein, dass das Blut selbst in verschiedenen Gefässen eine verschiedene Temperatur besitzen müsse. BISCHOFF, G. V. LIEBIG, CL. BERNARD, u. A. haben dafür den experimentellen Beweis geliefert. Es zeigt sich, dass das Blut der Hautvenen kälter ist als das der Hautarterien, welches schon einen Theil seiner Wärme an die Haut abgegeben hat. Dagegen steigt die Temperatur des Blutes, während dasselbe die Nieren, Leber, Speicheldrüsen oder Lungen durchsetzt; bei den beiden letzten Organgruppen ist das sicher während ihrer Thätigkeit der Fall. Die Vena cava superior, welche das Blut aus dem Kopf des Körpers zurückbringt, welche der Abkühlung vor allem ausgesetzt ist, zeigt sich etwas kühler als das Blut der Vena cava inferior, welche das Blut aus den arbeitenden grossen Drüsen etc. etwa dem Herzen zuführt. Das Blut im rechten Ventrikel ist meist wärmer als das des linken, welches nach Durchströmung der Lunge eine bedeutende Abkühlung erfahren hat (cf. S. 477).

Es sind aber die gemessenen Unterschiede in der Bluttemperatur, wie sie aus der grossen Geschwindigkeit der Blutbewegung von selbst erwarten lassen, nur gering.

### Die Wärmeregulirung des Organismus.

Wir haben im Vorstehenden die aus den inneren Verhältnissen des Organismus hervorgehenden Schwankungen und Ausgleichungen der Wärme betrachtet. Wir haben uns nun die wichtige Frage zu beantworten: Wie verhält sich der Organismus verschiedenen äusseren Einwirkungen auf seine Körpertemperatur? Wodurch ist der Organismus des Warmblüters befähigt, seine Eigenart im Kampfe gegen die Aussenwelt in den angegebenen Grenzen konstant zu erhalten?

Wir haben schon gesehen, dass in extremen Fällen die Wärmeregulirungsleistungen des Organismus nicht im Stande sind, diesen Einflüssen auf die Körpertemperatur einen ausreichenden Widerstand entgegenzusetzen. Auch geringere Grade der Einwirkung jener Agentien sehen wir nicht spurlos an dem Körper vorübergehen.

So zeigt sich, dass ein Aufenthalt in heissen Klimaten mit einer erkennbaren Steigerung bis zu  $1^{\circ}\text{C.}$  der Mitteltemperatur verknüpft ist bei Individuen, die in einem kälteren Klima zu wohnen gewöhnt sind (J. DAVY, BROWN-SEQUARD).



Die Körpertemperatur sinkt bei längerem Aufenthalt in der Kälte, besonders derselbe mit gezwungener Körperruhe verbunden ist, um einen gleiches (z. B. in der Kirche im Winter). Aehnliche Erfolge sehen wir vom kalten etc. ausgeübt. Alle die beobachteten Schwankungen halten sich aber in verhältnissmässig engen Grenzen, welche nur verständlich werden, wenn die Regulierungseinrichtungen der Temperatur fort und fort, den äusseren Bedingungen entsprechend, thätig werden. Ein Haupttheil dieser Regulierung wird uns willkürlich und mit Absicht in Thätigkeit gesetzt (Kleiderwechsel, kalte Bäder, kalte Speisen etc.). Ein anderer Theil erfolgt instinktiv oder reflektorisch.

Es ist vor allem klar, dass ein gesteigerter Wärmeverlust des Organismus, wodurch dessen Normaltemperatur herabgesetzt zu werden droht, durch eine gesteigerte Thätigkeit der wärmeerzeugenden Organe ausgeglichen werden kann. Man hat in dieser Hinsicht von jeher an die Erwärmung des Muskels und der Drüsen durch ihre Thätigkeit erinnert. Man zog auch die Erfahrung der Reisenden bei, nach deren Berichten von den Bewohnern kalter Klimate eine grosse Nahrungsquantitäten genossen werden, und zwar vor allem sehr solche, welche viel Wärme produciren. Durch jeden gesteigerten Stoffumsatz ist selbstverständlich die in der Zeiteinheit gebildete Wärmemenge zu.

Der Körper kann Wärme verlieren: durch Leitung, Strahlung und Verdunstung.

Die abkühlenden Organe, deren Thätigkeit sich je nach dem Bedürfnisse des Körpers modificirt, sind vor allem die Haut und die Lungen. Durch diese können beide Organe entsprechend ihrer Oberfläche Wärme abgeben. Man muss sich hier aber daran erinnern, dass das Wärmeleitungsvermögen der Luft äusserst gering ist; das des Wassers ist viel besser.

Je dünner die Epidermis, welche die Wärme schlecht leitet, je weniger eine Hautstelle behaart ist, um so stärker wird von ihr der Wärmeabfluss sein, wenn wir sie uns unbedeckt vorstellen. Ein anderer viel wesentlichere Factor ist die Ausdehnung und Füllung der Blutgefässe in der Haut, wie wir uns näher betrachten werden. Auch die Gestalt der Organe ist nicht gleichgültig für den Wärmeverlust. Uebereinstimmend mit der Erfahrung, dass die Wärme aus schmalen, spitzigen Körpern mit relativ grosser Oberfläche leichter stattfindet, sehen wir die Nasenspitze, Ohren, Finger und überhaupt Extremitäten sich leichter und rascher abkühlen als den Rumpf. Am mächtigsten wirkt die Verdunstung auf den Wärmeabfluss. Bei einer schwitzenden Haut tritt in trockener, bewegter Luft ein Maximum der Wasserverdunstung und damit des Wärmeverlustes ein. Die Abkühlung in den Lungen muss, da die Temperatur in der ausgeathmeten Luft mit der rascheren Athemfolge nicht nennenswerth sinkt, mit der Zahl und dem Umfang der Athemzüge direkt zunehmen; selbstverständlich auch mit der Geschwindigkeit des Blutstromes in den Lungen.

Je nach der Verschiedenheit der Fälle sehen wir die genannten Regulierungsmassnahmen entsprechendem, verschiedenem Grade in Wirksamkeit treten. Eine Verminderung der äusseren Temperatur bringt zuerst eine Erweiterung der Blutgefässe in der Haut hervor. Das reichlicher zugeführte Blut steigert die Temperatur der Haut. Dadurch kann durch Strahlung und Leitung eine bedeutendere Wärmemenge abgegeben werden. Die erhöhte Flüssigkeitsmenge in dem Haut-

der gesteigerten Blutzufuhr entspricht (Turgor), wird auch die Verdunstung erhöht. Bei noch höheren Wärmegraden sehen wir endlich Schweissbildung eintreten und damit den Wärmeabfluss so bedeutend gesteigert, dass sich der Körper selbst sehr hohen Temperaturen, so lange er schwitzen kann (so lange die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist und die Hautthätigkeit nicht sistirt), ansetzen vermag. BLAGDEN und Andere nach ihm hielten es mehrere Minuten in trockenen Wärme von  $+79^{\circ}\text{C.}$  aus, A. BERGER und DE LA ROCHE 8—16 Minuten bei  $100^{\circ}$  bis  $+127^{\circ}\text{C.}$  BLAGDEN sah dabei seine Temperatur nur um wenig steigen. Bei Kaninchen beobachtete man ebenfalls in einer trockenen Wärme von  $90^{\circ}$ — $90^{\circ}\text{C.}$  nur eine Steigerung der Temperatur um wenige Grade.

Unter Umständen können die Wärmeregulatoren gelähmt sein, so dass sie schwermässig und zu stark wirken. Auf Durchschneidung des Rückenmarkes sinkt die Körpertemperatur, wir sehen die Thiere fortleben, aber gleichgültigblütig geworden. Durchschneidung des Sympathikus am Halse oder an den Lendenwirbeln bewirkt ebenfalls eine (geringe) Herabsetzung der Körpertemperatur, um so bedeutender, je umfangreicher der durch die Durchschneidung gesetzte Gefassbezirk. Vagusdurchschneidung setzt direkt die Temperatur nicht herab, erst die Folgezustände der Durchschneidung zeigen sich von Einfluss auf die Temperatur. Diese Herabsetzung der Temperatur erfolgt nur zum kleinsten Theile durch Verminderung der Sauerstoffaufnahme und dadurch verminderte Wärmebildung in Folge der Beeinträchtigung der Athmung und des Kreislaufes. Hauptgrund der niedrigen Temperatur liegt in einer durch die Rückenmarksdurchschneidung gesetzten Erweiterung der peripherischen Blutgefässe, wodurch eine gesteigerte Hauttemperatur und dadurch gesteigerter Wärmeabfluss bewirkt wird. Solche Thiere leisten jeder Abkühlung nur einen geringen Widerstand. Man kann aber künstlich ihren Wärmeabfluss durch Einhüllung z. B. herab, so dass man sie nicht mehr kälter, sondern dem gesteigerten Blutzufuss entsprechend wärmer werden (TSCHESCHICHIN). Daraus geht für den Arzt ein praktischer Wink hervor: nicht überall, wo er eine verminderte Temperatur des Organismus sieht, ist schon primär an eine Herabsetzung der Wärmebildung in dem betreffenden Organ zu denken. Wir haben es offenbar bei solchen Erkältungen in der Mehrzahl der Fälle mit einer Erleichterung des Wärmeabflusses zu thun.

Ähnlich wie in dem vorliegenden Falle, in welchem die Differenz zwischen der Temperatur des umgebenden Mediums und der wärmeabgebenden Oberfläche vergrößert und dadurch der Wärmeabfluss proportional gemehrt wurde, kann offenbar das Sinken der Temperatur auch auf einer vorübergehenden oder dauernden Verringerung des Wärmeleitungsvermögens der Organe beruhen, ohne dass die Wärmequelle im Organismus sparsamer fliessen müsste. Das Leitungsvermögen des Wassers wird durch Auflösung von Salzen in ihm verbessert, wie schon die Versuche von TRAILL ergaben. Mit der krankhaften oder physiologischen stärkeren Concentrirung der thierischen Flüssigkeiten kann also wohl das Wärmeleitungsvermögen ebenso steigen, wie ich das für das galvanische Leitungsvermögen derselben beweisen konnte. Die Beobachtungen am Winterschläfer im Vergleich mit wachen Thieren zeigen deutlich, dass es sich bei denselben hier ergebenden Unterschieden im Widerstande gegen die Kälte vor allem um besseres Leitungsvermögen der Organe für Wärme handeln müsse. Sicher sind hierin die Thierarten und einzelne Individuen derselben Species sehr verschieden. Die Zugvögel und



temperatur der Haut herabgesetzt werden. Diese  
dadurch, dass sich auf den Kältereiz die Hautgefäße kon-  
von in der Zeiteinheit eine geringere Blutmenge durch  
Der Haut wird dadurch weniger Wärme zugeführt,  
abgabe wird dadurch verlangsamt. Es ist klar, dass  
e verlangsamt wird, unter Umständen der durch  
gesetzte gesteigerte Wärmeverlust für den Ge-  
n kann. LIEBERMEISTER zeigte, dass durch ein  
in kalter Luft und analoge Einflüsse, die  
kann. In Folge dieser durch die äussere  
Steigerung müssen alle Organthätigkeiten  
nehmen, da wir ja wissen, dass eine  
besitzt. Die Verengerung der Haut-  
von Wärme im Inneren des  
des Wärmeverlustes, sondern  
allem wärmeerzeugenden Or-  
prechend mehr Oxydations-  
Durchschneidung des Gehirnes  
die beträchtliche Temperaturerhöhung  
die operirten Thiere vor Abkühlung schützte. Er  
gefässverengenden Centra sich im Gehirn ein Mo-  
trum befinde, mit dessen Lähmung die Erwärmung des Blutes  
hundertsten Wärmeabfluss erfolgt; für die Fieberlehre könnte diese  
ung, wenn sie sich bestätigt, von Wichtigkeit werden.

die Wirkung der Kälte so bedeutend, dass eine wirkliche Herabsetzung der Temperatur erfolgt, so tritt nun als weiterer Regulator die Verlangsamung des Herzschlages und der Athemfrequenz ein. Auch die in Folge der gesetzte Bewegungslosigkeit wirkt im Principe wärmeerhaltend. WALTHER zeigt, dass todté Thiere sich sehr viel weniger rasch abkühlen unter den Umständen als lebende, was er auf den vollkommenen Bewegungsmangel Es muss hier aber auch an die postmortale Temperatursteigerung der Leiche erinnert werden, welche durch die eintretende Starre in den Muskeln (Myosingerinnung) und die Blutgerinnung hervorgerufen wird. In der That sehen wir reflektorisch den Körper seine abkühlende Oberfläche möglichst gern, sich zusammenkauern, um auch dadurch den Wärmeabfluss zu ver-

Je kleiner relativ die Oberfläche, desto geringer ist natürlich der Wärmegrössere Organismen, welche im Verhältniss eine kleinere Körperoberfläche als kleinere, erkalten weniger leicht als letztere. Bei Säuglingen und Kindern zu diesem Momente noch andere den Wärmeabfluss sehr begünstigende unter denen ich hier an die hohe Athem- und Herzfrequenz erinnern will. Die Erkältung wird bei jedem Individuum um so rascheren Erfolg haben, je geringer die Summe von Wärme ist, die der Körper in sich trägt. Haben es hier sicher mit einer Folge der Ernährungsweise und also mit einer wechselnden Körperzustände zu thun. Wir werden in der nächsten Folge sehen, dass je nach der Nahrung die im Körper befindliche Wärmemenge sehr wechselt. Da die verschiedenen Lebensalter, Geschlechter, Armuth und Reichthum häufig verschiedene Körperzustände repräsentiren, so ist es wohl verständlich,

warum Arme, Kinder, Greise, Frauen, Rekonvalescenten mehr frieren als genährte Männer. Jeder Wärmeverlust repräsentirt bei den ersteren einen grösseren Bruchtheil der Gesamtwärmequantität als bei den letzteren. THIER's kalorimetrische Versuche lehren direkt, dass die Wärmemenge in verschiedenen Individuen derselben Thierspecies sehr schwankend sein könne. Ein Winterschläfer, welcher der Kälte so gut zu trotzen vermag, ergab sich eine höhere Wärmemenge als bei dem Kaninchen.

### Die Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch.

Nach den FRANKLAND'schen Bestimmungen der Verbrennungswärme der Nahrung (S. 98) können wir aus den Beobachtungen über den Gesamtstoffwechsel die von einem Menschen in einer bestimmten Zeit gelieferte Wärmemenge berechnen.

Ich wähle aus meinen Stoffwechselversuchen am Menschen drei wichtige Beispiele heraus, um die Verschiedenheiten der Wärmeerzeugung in verschiedenen Ernährungsweise anschaulich zu machen.

#### I. Wärmeproduktion am ersten Hungertage (beginnt 23 Stunden nach letzten Nahrungsaufnahme).

(Die Einnahmen vom Körper aus den Ausgaben berechnet.)

Einnahmen:	Ausgaben:
54,45 Albumin.	48,3 Harnstoff.
495,94 Fett.	0,34 Harnsäure.

(beide vom Körper geliefert.)

Daraus berechnet sich eine tägliche Wärmeproduktion von: 2042,816 Wärme-Einheiten.

#### II. Wärmeproduktion bei Fleischnahrung.

(Der Ansatz von Fleisch und Abgabe von Körperfett aus den Ausscheidungen berechnet.)

Einnahmen:	Ausgaben:
4832 Gramm Fleisch, davon aber nur zersetzt 4800 Gramm	3000 K.
Fett zum Braten 70 Gramm . . . . .	86 Harnstoff.
Weiterverbrauch an Fett vom Körper } 445,44 Fett.	4,55 Harnstoff.
75,44 Gramm. . . . .	99 Kohlenhydrate.

Daraus berechnet sich eine tägliche Wärmeproduktion von: 3779,524 Wärme-Einheiten.

#### III. Wärmeproduktion bei stickstoffloser Kost.

(Eiweissverbrauch und Fettansatz aus den Exkreten gerechnet.)

Einnahmen:	Ausgaben:
54,55 Gramm Körpereiwiss	47,1 Harnstoff.
150 Gramm Fett davon angesetzt:	0,34 Harnsäure
81,5 Gramm, also	90 Kohlenhydrate.
wirklich verbrannt: 68,5	
300 Stärke.	
400 Zucker.	

Daraus berechnet sich für die 24 stündige Wärmeproduktion: 3039,506 Wärme-Einheiten.

Bei gemischter Kost beträgt die Wärmeentwicklung im Tage etwa 2200 Wärme-Einheiten.

Die vorstehend formulirten Untersuchungen habe ich an mir selbst bei völler Gesundheit angestellt. Mein Alter betrug 34 Jahre, meine Grösse 6' 3" bei einem Durchschnittsgewicht 70 Kilogramm.

Stellen wir die erhaltenen Werthe der Wärmeabgabe in 24 Stunden bei verschiedenen Ernährungsbedingungen und Körperruhe zusammen, so ergibt sich in runder Summe die



Hungertag . . . . .	2042,816	Wärmeeinheiten
Tag mit N-freier Kost . . . . .	2059,506	„
Tag mit gemischter Kost . . . . .	2200,000	„
Tag mit Fleischkost . . . . .	2779,524	„

Im Mittel also etwa . . . . . 2300,000 Wärmeeinheiten.

HELMHOLTZ hat aus älteren, weniger genauen Angaben als die hier zu Grunde gelegten, den erwachsenen Mann als mittlere tägliche Warmemenge die etwas höhere Zahl: 2000 Wärmeeinheiten gerechnet, welche mit meinem Maximum übereinstimmt. Andere Autoren bekamen noch weit höhere, offenbar falsche Zahlen.

Aus meinen Beobachtungen leitet sich nach dem Vorstehenden vor allem das wichtige Ergebniss ab: Die Warmemenge, welche der menschliche Organismus in einer bestimmten Zeit zu verausgaben hat, ist vor allem von der gleichzeitigen Nahrungsweise abhängig. Was am grössten ist die Wärmequantität bei Fleischkost, am geringsten bei stickstoffloser Kost; bei gemischter Kost hält sie einen mittleren Werth ein. Die Warmemenge am ersten Hungertage beweist, dass auch ohne Nahrungsaufnahme ein fett- und fleischreicher Organismus die genügende Warmemenge zu produciren vermag. Ganz andere Resultate werden sich natürlich bei anderen, herabgekommenen Individuen und nach längerem Hunger ergeben. Wir finden in den mitgetheilten Zahlen den Beweis für den oben aufgestellten Satz, dass der menschliche Körper bei schlechter, z. B. Kartoffelnahrung, der sehr viel weniger Widerstand zu leisten vermag als nach fleisch- und fettreicher Kost. Demnach im Unterhautzellgewebe gut genährter Individuen wird, wenn einmal die Hautarterien sich die Kälte kontrahirt sind, als schlechtem Wärmeleiter auch ein Antheil an der Verlangsamung der allzu raschen Wärmeentziehung zugeschrieben.

Um uns eine Anschauung von der Bedeutung der grossen Zahlen der Wärmeproduktion geben zu können, müssen wir uns daran erinnern, dass eine Wärmeeinheit diejenige Warmemenge bedeutet, welche erforderlich ist, um 4 Kilogramm Wasser um 1°C. zu erwärmen. 2300 Wärmeeinheiten genügen also, um 4600 Pfund Wasser von 0° auf 1°C. oder, was dasselbe ist, 46 Pfd. Wasser von 0° auf 100°C. zu erwärmen. Nennt man Kalorie, wie vielfältig geschieht, die Warmemenge, welche erforderlich ist, um 4 Gramm Wasser um 1°C. zu erwärmen, so producirt der Mensch im Mittel in 24 Stunden: 2,3 Millionen dieser tausendmal kleinen Wärmeeinheiten.

Man hat vielfältig den Wärmeverlust zu bestimmen versucht, welchen der Mensch auf verschiedenen Abzugswegen für seine Wärme erleidet. Es ergibt sich, dass zum weit überwiegenden Antheil die Wärme an der Haut durch Abkühlung und Verdunstung abgegeben wird.

Nach HELMHOLTZ' Rechnung wird von der Gesamtwärme des ruhenden Menschen verbrauch:

zur Erwärmung der kälter als der

Organismus eingeführten Nahrungsmittel weniger als . . . . . 2,60/o

zur Erwärmung der Athemluft weniger als . . . . . 5,20/o

zur Wasserverdunstung in den Lungen weniger als . . . . . 44,70/o

es bleiben also für die Abkühlung und Verdunstung an der Hautoberfläche

mehr als . . . . . 77,50/o

Es ist aus dem im Vorhergehenden Gesagten klar, dass diese Abkühlungswerthe durch verschiedene Aenderungen in den Verhältnissen bedeutende absolute Werthveränderungen leiden können.

Man hat sich in die HELMHOLTZ'sche Berechnung, der Annäherungswerthe zu Grunde gelegt, daran zu erinnern, dass 4 Kilogramm Wasser zur Verdunstung an der Haut und in der Lunge 582 (grosser) Kalorien bedarf. Die aufgenommenen Speisen und das Trinkwasser bleiben in Summa eine niedrigere Temperatur als der Körper (etwa 12°C.) und verlassen als Abfälle den Körper mit dessen Temperatur. Der Erwärmung gegenüber verhalten sie sich etwa wie Wasser. Bei der Athmung werden etwa 43000 Gramm = 43 Millionen Ccm. Luft

von im Mittel  $12^{\circ}\text{C.}$  eingeathmet, ausgeathmet mit  $37^{\circ}\text{C.}$ , also erwärmt um 25. Wärmekapazität der Luft ist 0,26, wenn die des Wassers = 1 ist, also beträgt der Verlust durch die Athmung  $43000 \times 25 \times 0,26 = 84,5$  Kalorien.

Ueber den Zusammenhang zwischen Wärme und Muskelarbeit folgt das nächste Kapitel.

**Historische Bemerkungen.** — (Cf. S. 183 Ernährung.) CARTESIUS schloss sich der an, die schon ARISTOTELES, HIPPOKRATES und GALEN vertreten hatten, dass dem Tier natürliche, angeborene Wärme innewohne, welche sich von hier aus durch den Körper verbreitet. TH. BARTOLINUS schrieb im selben Sinne de flammula cordis 1687. Physiologen der späteren Zeit theilten sich in zwei Schulen: die mechanische und die chemische.

Die mechanische Schule sprach als die Ursache der thierischen Wärme die Bewegung des Blutes und die Reibung desselben an den Wandungen der Gefässe. Unter den Hauptvertretern dieser Schule sind BOERHAVE, MARTINE und VAN SWIETEN zu nennen. Sie gründeten ihre Meinung vorzüglich darauf, dass die Wärmeabgabe des Körpers gesteigert werde, und dass die letztere bei Kälte das einzige Mittel zur Erhaltung desselben sei, alles, was die Blutbewegung (den Pulsschlag) beschleunige erhöhe die Wärme, sie stehe im geraden Verhältniss zur Geschwindigkeit der Blutbewegung, umgekehrt kehrten zur Weite der Gefässe. Im Winter zogen sich, zur Erzeugung gesteigerter Wärme durch vermehrte Reibung die Gefässe mehr zusammen, im Sommer dehnten sie sich aus. ROBERT DOUGLAS machte (1754) auf dieses letztere Verhalten besonders aufmerksam, er behauptete, die Reibung finde hauptsächlich zwischen den Blutkugeln statt. Im Jahre 1785 die Hypothese auf, dass die animale Wärme durch die Reibung der festen Theile des stets bewegten Körpers entstehen solle.

Man hatte gegen diese Annahmen geltend gemacht, dass bei Reibung von Flüssigkeiten in Röhren keine merkbare Erwärmung stattfindet, HUNTER macht darauf aufmerksam auch solche Thiere der Kälte widerstehen, bei denen kein Blutkreislauf stattfindet, leugnet die durch Temperaturunterschiede erzeugten Veränderungen im Gefässsystem, dass Gefässe stets wärmer seien als die äussere Temperatur, und HALLER meint, die Ableitung der Annahme dadurch zu führen, dass die kaltblütigen Thiere, Fische und Reptilien engere Gefässe hätten als die warmblütigen, und überdiess sei bei dem Kaltblütigen die Zahl der Pulsschläge doppelt so gross als bei dem Ochsen.

Zu den Vertretern der chemischen Schule gehörten VON HELMBOLD (1658), ETTMÜLLER u. v. A. Sie leiteten die animale Wärme von »Gährungen und Effluviis« ab (cf. Ernährung), welche in Folge der Mischung des Blutes und der Säfte entstehen sollten. HAMBERGER behauptete 1754, dass die thierische Wärme durch Gährung, Verbindung von schwefelartigen und laugenartigen Theilen entsteht in analoger Weise im Taubenmist und feuchten Heu. Noch am Ende des Jahrhunderts kamen MILLER (1785) und STERNADT auf diese Meinung zurück.

Dagegen hatte schon 1684 STAHL an die aristotelische Beobachtung angeknüpft, dass die Wärme durch die Respiration in den Lungen erzeugt werde, indem er sich wie ARISTOTELES auf die vollkommener ausgebildeten Lungen der warmblütigen Thiere beruft. Hierin schloss sich die chemische und physikalische Schule bis zu einem gewissen Punkte an. In der That hatten BOERHAVE, HALE u. A. angenommen, dass durch Verdichtung des Blutes in den Lungen die Wärme entstehe, welche mit der Athemluft abgeführt werde. Die chemische Erklärung waren dem Stande der Verbrennungslehre entsprechend noch sehr unklar. Man war nicht einig, ob die ausgeathmete Luft, welche nach PRIESTLEY zu den phlogogenen gehörte, Phlogisten- oder Brennstoff aus dem Körper ausführe, oder ob nach Lavoisier sogenannte reine Luft vielmehr Brennstoff in den Körper hereinbringe. ANTONIUS LEEuwenhoek stellte 1779 seine vielgerühmte Theorie der thierischen Wärme auf, die sich bis heute gegen Gegner sehr lange in Ansehen erhielt. In den Lungen verbindet sich die »reine Luft« mit »Phlogisten« und es wird fast der sechste Theil derselben in Wasserdampf das übrige »reine Luft« verwandelt. Die spezifische Wärme der reinen Luft setzte er falschlich auf



Wasserdampfes dagegen nur zu 4,5, die der fixen Luft nur zu 4,05, wodurch ein grosser Ueberschuss von Wärme in der Lunge entstehe, die hier dem Blut mitgetheilt und von da im Körper verbreitet werde. Die Beständigkeit der Blutwärme erklärte er wie LESLIE und KELVIN aus dem durch Verdunstung entstandenen Verlust, während Andere wie BLAGDEN auf eine Kalte erzeugende animalische Kraft zurückführen wollten. BERLINGHIERI berechnete dagegen richtig, dass durch die Wasserverdunstung in der Lunge nicht Wärme, sondern vielmehr Kälte entstehen müsse.

Andere Forscher leiteten, im Gegensatz zu den vorstehenden Annahmen, die Wärme von der Verdauung ab (GREN, JOHN, HUNTER 1794). Der berühmte FRANKLIN sagte, das Feuer, wohl als auch die Luft würden von den Pflanzen bei ihrem Wachsthum gezogen, verdichteten sich in ihnen und machten einen Theil ihrer Substanz aus. Beides werde bei der Verdauung und Assimilation ihrer Theile mit dem animalischen Körper, dem sie zur Ernährung gedient hätten, wieder frei und theile sich diesem mit.

MORTIMER stellte die Hypothese auf, dass durch die stete Verbindung des in den thierischen Flüssigkeiten enthaltenen Phosphors mit der Luft die thierische Wärme entstehen sollte.

Unsere gegenwärtigen Anschauungen knüpfen an die Darstellungen LAVOISIER'S (1777) an. Sauerstoff der atmosphärischen Luft erzeuge die Wärme, indem er sich mit dem Kohlenstoff in der Lunge verbindet. Er bestimmte mit LAPLACE im Kalorimeter die Wärmemenge, welche ein Thier (Meerschweinchen) während der Erzeugung einer bestimmten Menge von Kohlensäure abgab, und fand, dass diese nahezu (sie war etwas grösser) übereinstimmte mit der durch Verbrennung von Kohle bis zur Bildung einer gleichen Quantität Kohlensäure hergebrachten. Wie diese Lehre ausgebaut wurde, ist an anderen Orten schon dargestellt worden (Ernährung, Athmung). Besonders wichtig waren J. DAVY'S Untersuchungen. Doch

langsam bürgerte sich LAVOISIER'S Theorie ein. Noch 1843 ging DALTON auf die angeführte NEWTON'SCHE Theorie zurück. Ganz abenteuerliche Phantasieen machten sich daneben noch geltend. PRANT sprach 1788 die Meinung aus, dass das »Phlogiston« der Nerven und der »Aether« des Blutes sich vereinigen, wodurch Wärme und Bewegung entstehen sollte. DE LA RIVE erklärte die Wärme von der hypothetisch angenommenen Nervenelectricität, CHASSAT u. A. ableiten sie von der Nervenenthätigkeit her.

BUNTZEN (1805) hatte bei galvanischer Reizung der Muskeln Wärme entstehen sehen, er sprach darum die Thätigkeit der Muskeln als Wärmequelle an. MATTEUCCI (1834) machte auf die von POUILLET entdeckte Wärmeerzeugung bei der Imbibition lockerer Substanzen aufmerksam, die er für trockene, gepulverte thierische Substanzen bestätigte.

AUS LE GALLOIS' Untersuchungen ergab sich das Resultat, dass die erzeugte Wärme dem zugeführten Sauerstoff proportional sei, sie wechselt mit der grösseren oder geringeren Munkthätigkeit, dem Wohlbefinden und überhaupt der Lebensthätigkeit der Thiere, dem Rohgewichte ist sie nicht proportional. DELONG und PETIT sowie DESPRETZ (1823) haben die Untersuchungen LAVOISIER'S mit dem Kalorimeter wiederholt und kamen im Allgemeinen zu dem Resultat, dass die aus dem Verbrennungsvorgang im Organismus zu rechnende Wärmemenge mit der beobachteten Wärmemenge ziemlich nahe deckt, die von ihnen gefundene Wärmemenge war etwas geringer als die aus der organischen Verbrennung berechnete.

Für unsere Kenntnisse über die thierische Wärme waren die thermoelektrischen Bestimmungen von BECQUEREL und BRECHET (1835) besonders wichtig.

### Temperaturbeobachtungen für ärztliche Zwecke.

Im Anschluss an obige Auseinandersetzung muss noch einmal direkt darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Beobachtungen über Veränderungen des Wärmeabflusses genügen, um dem Arzt die grösste Vorsicht anzurathen bei Entscheidung der Frage, ob der Krankheitszustand seine vermehrte oder verminderte Temperatur von einer Auf- oder Abwärtsschwankung in der Stärke der Oxydationsvorgänge ableite. Bei regelmässiger Thätigkeit der Wärmeregulirung kann, wie die Versuche lehren, der Stoffwechsel um das Doppelte

und Dreifache gesteigert oder vermindert sein, ohne dass die Körpertemperatur dabei wesentlich beeinflusst würde. Auch eine Steigerung der Bluttemperatur, oder der Temperatur der Hautoberfläche durch gesteigerte Wärmezufuhr, kann allein den minderten Wärmeabfluss erzeugt werden. Ja es kann, wie wir oben gesehen, eine Steigerung der Oxydationsgrösse im Körper das sekundäre Phänomen sein, von einer primär auf dem anderen Wege erhöhten Bluttemperatur.

Nach diesen Gesichtspunkten haben wir die bei dem Fieberfroste gefundenen Veränderungen der Bluttemperatur zu beurtheilen, sie ist ein sekundäres Phänomen, analog den gewöhnlichsten beobachteten Temperatursteigerungen durch Einwirkung geringerer Kälte, abhängig von der Kontraktion der peripherischen Arterien, welche auch durch Blässe der Haut, wie sie regelmässig durch den Kältereiz hervorgebracht wird, dem Patienten fühlbar ist. Das Gefühl des Frostes als eine Sinnesstörung erzeugt. Aus der Erhöhung der Bluttemperatur könnten dann alle anderen Fiebererscheinungen sich ergeben: beschleunigte und beschleunigte Athemfolge, gesteigerte Oxydation, die dann, wenn auf die Kontraktion der peripherischen Gefässe als Ermüdungserscheinung eine Lähmung eintritt, das zweite oder Hitzestadium des Fiebers charakterisiren. So vereinigen sich die Angaben der verschiedenen experimentell arbeitenden Pathologen, vor allem Trautner und Liebermeister's, von denen ersterer das Fieber als eine Kontraktionserscheinung der peripherischen Gefässe, der andere als eine Steigerung der Oxydation auffasst. Beide Auffassungen sind richtig. Die beiden Erscheinungen verhalten sich aber zu einander wie Ursache und Wirkung.

Offenbar kann die krankhaft gesteigerte Oxydation auch als etwas Selbständiges angesehen werden. Die Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Gewebe, die Abfuhr von Zersetzungsprodukten in denselben hat einen selbständigen, verändernden Einfluss auf den Fortgang der normalen Zersetzungen. Es treten dadurch ganz analoge Veränderungen im Stoffumsatze ein, wie wir sie bei der Thätigkeit der Muskeln antreffen werden, sehen sie hier wie da mit dem gleichen Erfolge verknüpft: Ermüdungsgefühl und Krämpfe charakterisiren die fieberhaften Krankheiten ebenso wie die normale Ermüdung sind »ermüdende Stoffe«, welche sich in den Geweben anhäufen und in den Muskeln die bekannte, scheinbare Erschöpfung, in den Nerven die abnorme Erhöhung der Reizbarkeit erzeugen; beide Erscheinungen sind durch die »Anwesenheit« der ermüdenden Stoffe, der Zersetzungsprodukte der Gewebe (Milchsäure, saures phosphorsaures Kalk, letzteren und im Blute bedingt. Sowie sie entfernt z. B. neutralisirt sind, kehrt das normale Wohlfühl zurück.

Die Bemerkung, dass allen fieberhaften Krankheiten ein Stadium der Vermehrung der Zersetzungsprodukte als »Ermüdung« im oben gegebenen Sinne beizulegen muss, beiderseits die Muskelschwäche und nervöse Erregung bis zum Schmerze übergeht, macht den Gedanken wahrscheinlicher, dass es sich (im Gegensatz zu Trautner's) bei Fieber auch primär um eine gesteigerte Bildung von Zersetzungsprodukten (oder gesteigerte Oxydation) oder um mangelhafte Abfuhrung der in normaler Quantität gebildeten Stoffe handeln könne. Die fraglichen Stoffe können im Blute angehauft als Reiz für die Kontraktion der Gefässe dienen und diese zur Kontraktion veranlassen. Man könnte hier auch durch diese Stoffe angeregte Veränderung in der Wirkung des Tschakowskischen »moderationencentrums« im Gehirne denken, wodurch primär eine Kontraktion der Gefässe hervorgerufen würde, welche später in eine Lähmung desselben übergeht. In der That hat die Höhlenflüssigkeiten des Gehirnes reich an Kalisalzen gefunden; es ist wahrscheinlich, dass die vorhandenen Analysen sich auf krankhaft veränderte Flüssigkeiten beziehen, und dass die Vermehrung der Kalisalze im Gehirne es ist, welche erst ihren heftigen Wirkungen auf Nerven und Muskeln den ersten Anstoss zur Veränderung der normalen Körperaktionen bei dem Entstehen fieberhafter Krankheiten giebt.

Da wir eine Erkältung der Hautoberfläche mit Veränderungen, Steigerungen und Verminderungen verknüpft sehen, so begreifen wir leichter, wie die »Erkältung« als Ursache



sche wirksam werden könne, wenn wir als letzten Krankheitsgrund die Anhäufung gewisser durch den Stoffumsatz im Körper entstehender Stoffe in übermässiger Menge im Blute und den nervösen Centralorganen annehmen. A. WALTHER beobachtete bei allen seinen Kranken, die er übermässig erkaltet hatte, in den folgenden Tagen einen sehr gesteigerten, verhaften Stoffverbrauch, sie verloren alle bedeutend an Gewicht. Ebenso stimmt mit dieser gegebenen Anschauung über das Fieber überein, dass der Körperzustand nach übermühter Muskelaktion nicht vom Hitzestadium eines heftigen Fiebers zu unterscheiden ist: erregte Aussehen, die glänzenden Augen, die gesteigerte Temperatur der Haut und des Kopfes, das Jagen des Pulses und der Athemthätigkeit, die erhöhte nervöse Erregbarkeit, die zur Schlaflosigkeit und Zittern sich steigern kann, verbunden mit grosser Ermattung der Muskulatur, Unfähigkeit zur Muskelbewegung: die Farbe und das Ansehen des sedimentirten in spärlicher Menge abgesonderten concentrirten Harnes — Alles sind Zeichen des Fiebers. Die Bilder der Ermüdung momentan nach starker Muskelaktion und des fieberhaften Hitzestadiums sind in Nichts verschieden; wir können nicht daran zweifeln, dass sie sich die gleichen Ursachen hervorgerufen werden: durch Vermehrung der im Blute und den Geweben enthaltenen Zersetzungsprodukte. Nach der Nahrungsaufnahme sind letztere natürlich ebenfalls in analoger Weise gesteigert; dem entsprechend sehen wir nach der stärkeren Mahlzeit auch eine Art fieberhaften Zustandes eintreten. Am bedeutendsten ist die gleichzeitige Entstehung der, man gestatte den Ausdruck, »fiebererzeugenden« Wärme nach starker Fleischnahrung; in meinen Versuchen sah ich den »fieberhaften« Zustand in dem Essen bei Aufnahme übermässig grosser Fleischmengen am stärksten. Es wurden 200 Gramm (frisch gewogenes) Rehfleisch gegessen. Nach dem Essen heftiger Durst, bedeutendes Hitzegefühl mit Schweiss, Kopfschmerz, Nachts trotz grosser Ermattung sehr geringer und unruhiger Schlaf.

Der Arzt benützt zu seinen exakten Temperaturbestimmungen das Quecksilberthermometer. Da es von grössten Werthe für ihn ist, absolute Werthangaben für die Temperatur zu erhalten, so muss sein Thermometer genau auf seine Richtigkeit geprüft sein. Am thauenden Tage im Frühjahr hat der schmelzende Schnee die Temperatur von 0°, es ist also leicht, diesen fixen Punkt zu bestimmen. Es zeigt sich sehr häufig, dass bei gut gehaltenen Thermometern der Nullpunkt etwas zu tief oder zu hoch angegeben ist. Die Thermometer werden dadurch für absolute Angaben nicht unbrauchbar. Man zieht nur von dem gefundenen Werthe soviel ab, als der falschen Lage des Nullpunktes entspricht. Steht der wahre Nullpunkt des Thermometers z. B. auf 4,5°C., so hat man 4,5° von allen Zahlenangaben des Thermometers, um absolute Werthe zu erhalten, abzuziehen. Die physikalischen Anstalten in fast allen Städten (in Gewerbe- und Realschulen etc.) geben dem Arzte die hinreichend Gelegenheit, sein Instrument ganz genau prüfen zu lassen. Die Firma der Thermometerfabrik giebt durchaus noch keinen genügenden Schutz, da z. B. die Veränderung des Nullpunktes ein physikalisch nothwendiges Phänomen ist.

Das Thermometer soll den Nullpunkt angeben, keine Papierskala, sondern eine Glas- oder Metallskala haben und kleinere Unterabtheilungen von Graden noch direkt ablesen lassen. Ist jeder Grad in 0,2° getheilt, so lässt sich 0,4° noch schätzen. Je kleiner, desto handlicher. Eine kleinere Quecksilberkugel erhöht die Raschheit, eine grössere die Sicherheit der Messung.

Die erste Bedingung der Temperaturmessung ist natürlich die, dass das angewendete Verfahren nicht selbst die Temperatur des Theiles verändert, dessen Temperatur man messen will. Diese Gefahr ist am grössten bei Messung der Wärme an der Körperoberfläche. Bringt man die Thermometer auf die Haut und umgibt diese mit einem schlechten Wärmeleiter, so steigt natürlich durch den gehinderten Wärmeabfluss die Temperatur der Hautstelle. Es scheint nur mit thermoelektrischen Apparaten die Hauttemperatur genau bestimmbar zu sein, da man dieselben so klein machen kann, dass die durch sie gesetzte Störung des Wärmeabflusses verschwindend wird. Es entziehen sich diese Beobachtungen der ärztlichen Praxis.

Bedient man sich eines Quecksilberthermometers, so ist die erste unerlässliche Bedingung,

dass die Thermometerkugel wirklich die Temperatur des zu messenden Theils. So lange die Temperaturunterschiede zwischen Thermometer und Körper gross, die Erwärmung des ersteren rasch, sie wird aber immer langsamer, je mehr die Temperaturen ausgleichen. Es braucht also ziemlich lang, ehe das Thermometer die Temperatur richtig anzeigt: niemals ist das unter 45 Minuten der Fall, auch zu dieser Zeit sieht man aber meist noch ein geringes Ansteigen. Die Messung ist erst dann richtig, wenn das Thermometer innerhalb 5 Minuten nicht mehr merklich steigt oder sinkt.

### Die Funktionen der Kleider.

Dieser Abschnitt der Wärmelehre des menschlichen Organismus hat erst in neuerer Zeit eine seiner Wichtigkeit entsprechende Untersuchung von SEILE v. PETERSBURG erhalten, der wir uns hier anschliessen.

Der Werth der Kleidung für Physiologie und praktische Medicin springt sofort in die Augen, wenn wir bedenken, dass durch die Umhüllung die Funktionen der Körperoberfläche wenigstens theilweise übernommen werden. Der Hauptzweck der Kleidung besteht darin, den Wärmeabfluss aus unserem Körper, für dessen Regulirung wir selbst gelegene, unwillkürlich thätige Einrichtungen kennen gelernt haben, auch durch die Kleidung zu modificiren. Der Werth der Kleidung steigt für den Menschen mit der Abweichung der Mitteltemperatur des Klimas, in welchem er lebt. Die Natur hat den Menschen, wie die Thiere in eine dickere Schichte der Wärme schlecht leitender Stoffe (Federn, Haare) gehüllt. Die Kleider haben dem Menschen diesen nur scheinbaren Mangel zu ersetzen befähigt, indem er die Kleidung der Temperatur anpasst, den Kampf mit den klimatischen Einflüssen aller Zonen zu bestehen. Die Mitteltemperaturen in welchen die Bewohner der Tropen und der Eskimo leben, unterscheiden sich um 43°C., ohne dass die Bluttemperatur verschieden wäre.

Die Kleider haben verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Die eine besteht darin, die Leitung der Körpertemperatur auf andere schlechtleitende Stoffe zu übertragen, welche die Wärmeabgabe an die Luft an ihrer Oberfläche an Stelle der Haut übernehmen. Diese Stoffe müssen schlechte Wärmeleiter sein, damit sie die ihnen übertragene Wärme rasch wieder abgeben. Es überziehen den Menschen die Kleider gleichsam mit einer dicken Haut. Seine empfindliche, nervenreiche Hautoberfläche, welche jede Temperaturveränderung mit dem unangenehmen Gefühle des Frostes beantwortet, erkaltet sich bei richtiger Wahl der Kleidung, wie das Thermometer ergiebt, niemals unter 24 bis 30°C. Bei dieser Temperatur fühlen wir uns wohl, zum Beweise, dass der Mensch eigentlich für das gemässigte Klima geboren ist. In seinen Kleidern trägt er das für sein Wohlbefinden nöthige Klima bis zu den arktischen Regionen. Die Wärmeabgabe findet bei dem bekleideten Menschen an der äusseren Oberfläche der Kleider statt. Diese erkaltet, während die Haut, die den Körper direkt berührt, stets hoch temperirt bleibt. Von diesem Erkalten der Kleideroberfläche spürt die Haut Nichts, die Kleider übernehmen, könnte man sagen, die Funktionen der Haut für sie. Dasselbe ist der Fall bei der Wärmeabgabe behaarter oder befiederter Theile. Bei dem Menschen am behaarten Kopfe. Da hier die Haut auch mit schlechten Wärmeleitern umgeben ist, welche nervenlos sind, so findet die Abkühlung unempfunden an der Oberfläche jener statt. Ist die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft sehr gross, ziehen wir noch einen zweiten oder dritten Ueberzug über die Haut: Hemd, Rock, Mantel, um die Wärmeabgabe noch weiter von der Hautoberfläche wegzuverlegen.

PETTENKOFER hat Untersuchungen darüber angestellt, wie sich die am menschlichen Körper benutzten Stoffe, Leinwand und Flanell (Schafwolle) der Wasseraufnahme und Verdunstung gegenüber verhalten. Es stellte sich vor allem heraus, dass die Schafwolle in feuchter Luft fast doppelt so viel Wasser in sich aufnimmt als die Leinwand, die erste ist also etwa doppelt so stark hygroskopisch als die letztere.



niger ist es, dass die Leinwand unter den gleichen Verhältnissen sehr viel rascher ihr hygroskopisch aufgesaugtes Wasser verliert als der Flanell; der Flanell trocknet auch äusserst mit Wasser befeuchtet weit langsamer als die Leinwand.

Um Zweifel haben wir hier in dem Verhalten der beiden Stoffe der Feuchtigkeit gegen einen Erklärungsgrund, warum die Praxis unter Umständen Leinwand oder Wolle als Kleidung wählt. Wir wissen, dass die Verdunstung der feuchten Fläche, an der sie stattfindet, sehr rasch eine bedeutende Wärmemenge entzieht; je rascher die Verdunstung stattfindet, desto rascher und plötzlicher ist der Wärmeverlust, desto eingreifender werden also seine etwaigen physiologischen Wirkungen sein. Sch weiss an sich wird nicht zur Kälteursache, wenn seine Verdunstung nicht zu rasch erfolgt, dagegen sehen wir, wenn ein Schwitzender, z. B. bei Zug und Wind, durch die rapide Verdunstung sehr rasch der Wärme entzogen wird, den Sch weiss als Krankheits-, Erkältungsursache auftreten. Die Haut saugen die wässerigen Hautabscheidungen in sich, die Verdunstung findet zumeist an der Kleideroberfläche statt. Geht die Verdunstung sehr rasch vor sich, so wird sie sich unverstündlich auch der Haut als Erkältung fühlbar machen. So verstehen wir, warum Wolle auf dem blossen Leibe getragen vor Erkältung schützt, sie trocknet, da sie sehr hygroskopisch ist, die Hautoberfläche, verlegt dadurch die Verdunstung möglichst weit von der Haut weg und vertheilt den durch die Wasserverdunstung erfolgenden Wärmeverlust auf möglichst grosse Zeit, sodass er in jedem einzelnen Zeitabschnitt einen bestimmten Werth nicht überschreitet. Der Haut wird so der Wärmeverlust möglichst unmerklich gemacht. Dagegen wissen wir, dass die leinenen Kleider, so wie sie z. B. durch Sch weiss befeuchtet sind, das Gefühl der Kälte hervorbringen, während die wollenen bei mässiger Feuchtigkeit wärmer zu werden scheinen. Der Grund, warum Leinwand erkaltet, liegt zweifellos in der nachgewiesenen rascheren Wasserabgabe. Da sie weniger hygroskopisch ist als Wolle, so bleibt bei stärkerem Schwitzen die Haut unter ihr nass, es kann direkt an der Hautoberfläche auch eine Verdunstung mit Wärmeverlust stattfinden. Wo es uns also darauf ankommt, unsere Wärme möglichst rasch loszubringen, z. B. im Sommer, da werden sich auch die leinenen Stoffe als Kleidung empfehlen. Jeder, welcher leicht in Sch weiss geräth, wird aber thun, sich gerade in heissen Zeiten und Klimaten mit Flanell zu umhüllen (wollene Kleider), um sich bei Temperaturwechseln und unvermuthetem Winde oder Zuge nicht der gefährlichen Erkrankungsursache der Erkältung auszusetzen.

Eine weitere Aufgabe der Kleidung besteht darin, die Luftbewegung an unserer Hautoberfläche soweit zu mässigen, dass sie keine Empfindung in unseren Hautnerven mehr hervorruft. Hier stimmt die Aufgabe der Kleider und Wohnräume überein. In dieser Beziehung ist das Zelt nichts Anderes als ein grosser Mantel, in den wir uns ganz verkriechen können. Der Mantel ist ein Haus, das wir wie die Schnecke das ihrige auf unseren Schultern mit uns umhertragen.

Bei der Frage nach der Lüfterneuerung in unseren Wohnungen haben wir schon davon gesprochen, dass wir den Körper eines im Freien befindlichen Menschen uns wie jeden anderen feuchten Körper der Luft gegenüber zu denken haben. Je rascher die Luft an feuchten Körper vorbeizieht, desto rascher geht die Verdunstung vor sich, um so rascher wird einem feuchten Körper seine Temperatur entzogen. Ein heisses Eisen in Wasser gesteckt kühlt rascher ab, wenn das Wasser, das ihm Wärme entzieht, bewegt wird, als wenn es ruhig steht. Den Hausfrauen ist die Thatsache geläufig, dass die Wäsche im Winde weit rascher trocknet als bei ruhiger Luft und sonst gleichen äusseren Verhältnissen. Der Grund für die raschere Abkühlung durch ein bewegtes kühlendes Medium liegt darin, dass die Wärme um so rascher erfolgt, je grosser die Temperaturdifferenz ist, zwischen den beiden, Temperatur ausgleichenden Körpern. Die an der Oberfläche des warmen Körpers hinströmende Luft erwärmt sich. Würde sie hier stagniren, so würde im nächsten Moment die Wärmeabgabe vom Körper an sie geringer werden müssen, endlich ganz aufhören, wenn nicht die Temperatur des Körpers definitiv angenommen hätte. Wird die Luft rasch be-

wegt, so kommen immer neue kalte Lufttheilchen mit der Wärmequelle in Berührung. Die Wärmeabgabe erfolgt sonach sehr rasch. Ein an sich auch warmer Wind oder Luftzug, uns also erkälten. Der Erkaltungsgrund wird geringer, wenn die Luftbewegung vorüber dem Körper geringer wird. Die Luftbewegung entzieht unserem Körper aber nicht die Wärme, weil letzterer wärmer ist als erstere; sie erkaltet ihn auch, wie wir von der Wasserverdunstung. Auch dieser Vorgang steigt mit der steigenden Luftgeschwindigkeit. Die an dem feuchten Körper hinstreichenden Lufttheilchen, die sich in ihm mit Wärme beladen haben, sogleich wieder durch neue ersetzt werden, deren Wasseraufnahme noch nicht geschwächt ist. Auch die Wasserverdunstung geht natürlich am so viel stärker, je grösser die Differenz zwischen dem Wassergehalt des feuchten Stoffes und dem der Luft ist, bei ganz trockener Luft ist sie am stärksten.

Wir dürfen dieses Moment in der Wirksamkeit unserer Kleider nicht übersehen. Es kommt durchaus nicht darauf an, eine ruhende Luftschicht um unsere Haut herum zu erzeugen; es handelt sich nur darum, die Luftbewegung so weit zu massen, dass unsere Haut keine Empfindung mehr von ihr hat, was schon bei einer Geschwindigkeit von  $1\frac{1}{3}$ —2 Fuss in der Sekunde erreicht ist (wobei wir im Freien volle Windstille empfinden) und andererseits der Luft bei ihrem Vorbeiziehen an dem Körper Zeit zu lassen, sie zu erwärmen, sodass auch von Kälte kein Gefühl entsteht. Mit feinen Instrumenten (manometer) kann man wirklich in den Kleidern einen aufsteigenden Luftstrom nachweisen, der mit Abnahme der äusseren Temperatur an Stärke zunimmt. Trotz dieser Bewegung erreicht, wie schon gesagt, die Luft innerhalb der Kleider eine Temperatur von  $24$ — $30^{\circ}\text{C}$ .

Die Undurchdringlichkeit der Kleider für Luft, welche eine möglichste Beschleunigung des Luftstromes in den Kleidern erzeugen würde, ist so wenig Erforderniss für das Warmhalten, dass wir bei einigen Stoffen sogar deutlich sehen können, dass sie dann, wenn sie luftdicht gemacht sind, z. B. Leder, feuchte Leinwand, nicht mehr zum Warmhalten tauglich sind.

PETTENKOFER'S Versuche lehren, dass die Durchdringlichkeit für Luft keineswegs ein Maass für die Fähigkeit, warmzuhalten abgeben kann. Sie ergeben, dass ein Kleid nicht nur warm zu sein vermag, und dass es hierbei viel mehr auf die Wärmeleistungsfähigkeit des Stoffes als auf das Mehr oder Weniger der Wasserverdunstung des Stoffes ankommt. Nach direkten Bestimmungen ordnen sich die Stoffe nach ihrer Luftdurchgängigkeit in folgende Reihe, wenn wir die Luftmenge, welche ein bestimmtes Stück Zeug, in gleicher Zeit unter gleichem Druck durch sich hindurchtreten lässt, als Maassstab dafür annehmen.

Flanell . . . . .	10,41 Liter.
Buckskin . . . . .	6,07 „
Leinwand . . . . .	6,03 „
Sämisches Handschuhleder . . . . .	5,37 „
Seidenzeug . . . . .	4,14 „
Weissgares Handschuhleder . . . . .	0,15 „

Trotz des Unterschiedes im Warmhalten lassen Leinwand und Buckskin in derselben Zeit durchtreten. Die sämischen, waschledernen Handschuhe lassen in derselben Zeit kaum für Luft durchgängigen weissgaren, glanzledernen Handschuhen friert.

Nimmt man eine doppelte Lage Zeug, so sinkt dadurch das Durchlassungsvermögen für Luft nur unbedeutend. Watte, die sehr warm hält, verlangsamt den Luftstrom kaum merklich. Dagegen wird die Durchgängigkeit für Luft durch Befestigung der Kleider unterbrochen. Wir wissen, was daraus für ein ungemein lastiges Gefühl entsteht. Wir haben bei letzterem um eine Behinderung der normalen Ausdünstung des Körpers befindet sich in einem analogen Zustande wie bei lackirten Thieren.



in Kautschuck können dieselben Störungen in den Lebensfunktionen eintreten als durch Verdrückung der Hautfunktionen durch Ueberstreichen mit einem undurchgängigen Firniss. ruhrt auch die Belästigung, die wir bei sogenannten Mackintosh-Rocken aus Kautschuck empfinden.

Im Schlusse seiner Untersuchung, der wir im Vorstehenden gefolgt sind, fügt PETTEN noch eine lehrreiche Betrachtung über die Wirkung nasser Füsse an, die in Beziehung zur grössten Vorsicht ermahnen muss. Wenn wir uns im Freien nasse Füsse zu haben, so beginnt, sowie wir in ein warmes Zimmer mit trockener Luft kommen, bedeutende Verdunstung. Wenn man an der Fussbekleidung nur 3 Loth Wolle durchlässt, so erfordert das Wasser darin so viel Wärme zu seiner Verdunstung, dass man  $\frac{1}{2}$  Pfund Wasser von 0° zum Sieden erhitzen oder mehr als  $\frac{1}{2}$  Pfund Eis schmelzen muss. So gleichgiltig manche Menschen gegen durchnässte Füsse sind, so sehr würden sie sich sträuben, wenn man ihre Füsse zum Erhitzen einer der Verdunstungskälte äquivalenten Menge Wasser oder zum Schmelzen einer äquivalenten Menge Eis verwenden wollte, noch thun sie im Grunde ganz das Gleiche, wenn sie ein Wechseln der Fussbekleidung ummahen!

Die Sommerkleider eines Mannes wiegen etwa nach jetziger Mode 5 bis 6 Pfund, die einer Frau 3 bis 6  $\frac{1}{2}$  Pfund. Die Winterkleider beider Geschlechter bei etwa 0° äusserer Temperatur wiegen 12 bis 14 Pfund.

Die nähere Aufzählung der durch zu enge und unzweckmässig geformte Kleider: Schnürschuhe, Rockbänder, Fussbekleidung etc. etc. gesetzten Störungen würde zu weit führen. Der Einfluss der Kleiderfarben auf die Wärme derselben, vielfältig an Wichtigkeit übersehen, ist allgemein bekannt. Die Wirkung des Bettes, eines der nöthigsten Kleidungsstücke des Gesunden wie Kranken, ist noch nicht wissenschaftlich untersucht.

Das Wärmeleitungsvermögen organischer Stoffe und Gewebe ist verhältnissmässig gering, alle die zu Kleidungsstücken verwendeten Stoffe sind sehr schlechte Wärmeleiter. Besonders legt die bei ihnen statthabende grössere oder geringere faserige Zertheilung der Warmemitteltheilung Hindernisse in den Weg. Da die Wärme eine Art von Bewegung ist, wird ihre Ueberleitung durch jede Unterbrechung des molekularen Zusammenhanges gehindert.

Die Wärme muss dabei von dem festen Körper auf Luft, von da wieder auf den festen Körper übergehen, wobei die Mittheilung immer unvollkommen bleibt. Die Kleider, die zwischen Felle und vor allem die Flaumkleider der Vögel sind also nicht nur durch das geringe Leitungsvermögen ihrer festen Substanzen, sondern dadurch, dass sich zwischen ihnen noch Luft einschleibt, so schlechte Wärmeleiter. RUMFORD hat Bestimmungen über die Wärmeleitung verschiedener Substanzen angestellt, die meist zur menschlichen Kleidung benutzt sind. Die folgende Tabelle giebt ihren Wärmeleitungswiderstand auf eine willkürliche Einheit bezogen an. Der Wärmeleitungswiderstand ist dem Wärmeleitungsvermögen umgekehrt proportional, er ist für: Gedrehte Seide 947, Holzasche 927, Kohle 937, feiner Flachs 1046, Baumwolle 1046, Lampenruss 1117, Schafwolle 1118, Taffet 1169, rohe Seide 1264, Fell 1296, Eiderdunen 1305, Hasenhaar 1312.

Die aufgeführten Substanzen leiten also die Wärme sehr schlecht, gedrehte Seide am besten, Hasenhaar am schlechtesten (TYNDALL).

**Heizung.** — Wenn im Winter bei dem Aufenthalte in den Wohnräumen, die Kleidungsstücke nicht mehr ausreichen, das behagliche Gefühl von Wärme hervorzubringen, so ist dies durch Heizung zu erreichen. Auch sie hat physiologische Bedeutung. Wir frieren in einem Zimmer nicht nur, weil die Luft in ihm kalt ist, welche unseren Körper direkt umgiebt, sondern auch darum, weil wir durch die schlecht leitende Luft durch Ausstrahlung gegen kalte im Zimmer befindliche Gegenstände Wärme verlieren. Es kann uns rasch geheizten Zimmer die Luft einen hohen, sogar unangenehm hohen Wärmegehalt besitzen, wir frösteln aber, wenn die Wände, Meubles etc. noch nicht durchwärmt sind, ziehen uns Wärme, die wir gegen sie ausstrahlen. Von einer richtigen Heizung versteht man also eine Durchwärmung des gesamten Wohnraumes und seines Inhaltes.

Die Temperatur eines geheizten Zimmers sollte nicht über  $14-15^{\circ}\text{C}$ . steigen darf durch die Heizung nicht zu trocken werden, da sie uns sonst durch Wasserverlust zu viel Wärme entzieht. Mit dem länger fortgesetzten Heizen trocknen die Wände, Fussboden, Meubles etc. mehr und mehr aus, die Luft in den geheizten ist gegen Ende des Winters trockener als am Anfang, sie entzieht uns dann auch mehr Feuchtigkeit, wir bedürfen deswegen einer höheren Temperatur, um uns zu finden, was also nicht etwa von einer eintretenden Gewöhnung an höhere Lufttemperatur während des Winters herrührt.

Der den Steinkohlen häufig in grösserer Menge beigemengte Schwefelkies setzt sich bei der Kohlenverbrennung herab. Die entstehenden Verbrennungsprodukte des Schwefels (sowohl Schwefelsäure vor allem) greift nicht nur die eisernen Heizapparate (Rost, Dampfkessel etc.) an, sondern belästigt auch in hohem Grade die Athemorgane bei dem Aufenthalt in einem mit Steinkohlen geheizten Raum. Der unangenehme Geruch bei der Torfheizung rührt von dem Erhitzen erstehenden ammoniakalischen Dämpfen her, die einem schwachen Ammoniakgehalt des Torfes entstammen.

Es werden bei der Verbrennung zuerst, ehe die Elemente der Brennmaterie mit dem Sauerstoff zusammentreten, durch die alleinige Einwirkung der Hitze die Brennstoffe chemisch zersetzt; ein nicht unbeträchtlicher Theil ihrer Elemente verbindet sich mit flüchtigen Produkten der sogenannten trockenen Destillation. Erst wenn sich diese flüchtigen Stoffe entwickelt haben, fallen sie der Verbrennung anheim. Der Process der Verbrennung hat also als erstes Stadium eine Gasbereitung aus dem Holz (resp. den Kohlen) voraus, ganz der Leuchtgasbereitung entspricht; erst dieses brennbare Gas fällt der Verbrennung anheim, wir sehen daher die Flamme des brennenden Holz wenigstens zu Anfang anflammen. Die Gase bestehen vor allem aus Grubengas  $\text{C}_2\text{H}_4$  und ölbildendem Gas (Benzol), dieselben Stoffe, die wir in dem Leuchtgase finden. Dabei verdampft das Wasser. Nach dieser Destillation vorüber ist, in welcher sich alles Wasser und der Wasserstoff mit dem Kohlenstoff gebunden entwickelte, bleibt die fast reine, nur noch aschehaltige Kohle, welche nun mit Sauerstoff sich primär zu dem flüchtigen Kohlenoxydgas verbindet, das die Kohlengluth mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure verbrennend umspült. Wenn Sauerstoffzutritt (nach geschlossener Ofenklappe, durch allzugrosse Ueberfüllung mit Brennmaterial etc.) zur glühenden Kohle gehemmt, so entweicht ein grösserer Theil des gebildeten Kohlenoxydes unverbrannt und kann so Anlass zu der bekannten Vergiftung durch Kohlendunst oder Kohlendampf werden.

Das offene Feuer, zu dem ein hörbarer Luftzug stattfindet, hat die Meinung, dass die offenen Feuer die besten Ventilatoren seien. PETTENKOPF hat durch Versuche nachgewiesen, dass ein solches Feuer im höchsten Falle 90 Kubikfuss Luft in die Ofenöffnung zuführt, meist schwankt die Luftmenge zwischen 40 bis 90 Kubikfuss. Da ein Individuum genügende Ventilation stündlich 60 Kubikfuss Luft bedarf, so genügt die Ofenventilation für ein einziges Individuum.

**Beleuchtung.** — Eine Gasflamme, welche in einer Stunde  $4\frac{1}{2}$  Kubikfuss Gas verbraucht (KNEUSEN) in derselben Zeit einer Zufuhr von 9 Kubikfuss Sauerstoff, also einer Zufuhr von 45 Kubikfuss atmosphärischer Luft. Die Leuchtkraft dieser Gasflamme entspricht der von 24 Talgkerzen (6 Stück aufs Pfund); der Luftkonsum dieser 24 Talgkerzen beträgt so gross als der der Gasflamme.



# I. Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.

## Achtzehntes Kapitel.

### Das Skelet und seine Bewegungen.

#### Die Maschine des menschlichen Körpers.

Wir gingen bei unseren Betrachtungen von dem Gedanken aus, dass der menschliche Organismus eine Bewegungs- und Kraftmaschine sei, die sich in ihrer Leistung z. B. Fortbewegen und Heben von Lasten mit den Bewegungs- und Kraftmaschinen unserer Mechanik, vor allem mit den Dampfmaschinen vergleichen lässt. Ebenso ist es mit den thierischen Organismen. Die Kraftmaschinen der Mechanik sind erfunden zum Ersatz für thierische Leistungen. Die Bezeichnung: «Pferdekraft» für die Leistungseinheit der Maschine zeigt dies noch jetzt zur Genüge. Die Arbeitsleistungsfähigkeit der verschiedenen thierischen Maschinen ist sehr ungleich. Unter den zur Arbeit verwendeten thierischen Organismen ist das Pferd die höchste Arbeitskraft. Unter einer Pferdekraft versteht die Mechanik das Kraftquantum, welches angewendet werden muss, um 750 Kilogramm 1 Decimeter hoch in 1 Sekunde zu heben. Nimmt man eine ohne Nachtheil für des arbeitenden Individuums Gesundheit zu ertragende Thätigkeit an, so sind die grösstmöglichen Leistungen unter den vortheilhaftesten Bedingungen, und bei einer Arbeitszeit von acht Stunden, so ergeben sich für die am häufigsten an Maschinen zur Arbeit verwendeten animalen Organismen: den Menschen, das Pferd, den Ochsen, Maulesel und Esel verschiedene Arbeitsgrössen, welche F. REDTENBACHER in die folgende Tabelle zusammenstellt. Als Einheit der Arbeitsgrösse ist dabei das Kilogrammometer angenommen: diejenige Kraft, welche 1 Kilogramm in 1 Sekunde 1 Meter hoch zu heben vermag. In der Tabelle sind die verschiedenen Bedingungen, unter denen die Arbeitsleistung gewöhnlich erfolgt, neben einander berücksichtigt. In sehr vielen Fällen nämlich sehen wir, dass die thierische und menschliche Arbeitskraft zur Bewegung von Arbeitsmaschinen: Kurbel, Göppel, Tretrad verwendet, sodass demnach noch eine Uebersetzung der rohen, animalen Arbeitskraft auf die Maschine stattfindet, welche jene erst dem bestimmten, angestrebten Zweck dienstbar macht. Diese Uebersetzung lehrt uns, dass den oberflächlichen Anschauungen entgegen, durch die

Die Temperatur eines geheizten Zimmers sollte nicht durch die Heizung nicht zu trocken werden, da sie zu viel Wärme entzieht. Mit dem länger fortgesetzten Wände, Fussboden, Meubles etc. mehr und mehr aus ist gegen Ende des Winters trockener als am Anfang mehr Feuchtigkeit, wir bedürfen deswegen einer finden, was also nicht etwa von einer eintretend während des Winters herrührt.

Der den Steinkohlen häufig in grösserer Menge der Kohlen herab. Die entstehenden V Säure vor allem) greift nicht nur die eis belastigt auch in hohem Grade die Alk Kohlen geheizten Raum. Der unar dem Erhitzen erstehenden ammo gehalt des Torfes entstammen.

Es werden bei der Verbrennung Sauerstoff zusammentreten chemisch zersetzt; ein p' flüchtigen Produkten der Stoffe entwickelt haben

hat also als erstes

ganz der Leucht

heim, wir sehen

ben. Die Gr

selben Stoff

diese De

Kohlen

welch

da

s

in der Weise, in welcher in der vorstehenden Tabelle die Arbeiten angegeben sind, lassen sie sich nicht direkt vergleichen. Die Menschen sind in ihrem Körpergewicht sehr bedeutend verschieden, um ihre Leistungen auf ein gemeinsames Maass zurückzuführen, um ihre Körpermasse auf ein gleiches Gewicht zu reduciren, und auf gleiche Arbeit berechnen. Man wählt zu derartigen Vergleichen als Einheit: das Kilogramm; wir berechnen seine Leistungen in der Reihe für eine Sekunde nach der mitgetheilten Tabelle. Es ergibt folgende Reihe:

1 Kgr. Mensch	arbeitet in 1 Sekunde ohne Maschine:	0,457 Kgrm.
1 „ Ochs	„ „ 1 „ „ „ „	0,172 „
1 „ Esel	„ „ 4 „ „ „ „	0,175 „
1 „ Maulesel	„ „ 1 „ „ „ „	0,222 „
1 „ Pferd	„ „ 4 „ „ „ „	0,261 „

Die Reihe macht ersichtlich, dass der Mensch im Verhältnisse zu den Thiergewichte die geringste Summe von mechanischer Arbeit zu leisten. Auch wenn wir jene höchste Arbeitsleistung im Tretrade von 240 Anstehen zur Vergleichung zu Grunde legen, so wird dadurch dieses Resultat nicht geändert. Die Arbeitsgrösse berechnet sich dann auf: 0,474 Kgrm.

Der Mechanismus der Bewegung und Arbeitsleistung des menschlichen Körpers ist von den Maschinen unserer Mechanik, die zum Vergleich



Bewegung von Lasten gebaut werden, wie z. B. die Lokomotiven, die Vollkommenheit der Einrichtungen noch durchaus nicht erreicht. Wir können, dass einst die Mechanik in Anwendung der am Thiere der Ortsbewegung vollkommenere Lokomotiven zu bauen wäre dann dies nicht der erste Fall, in welchem die Einrichtungen der Organismen lernte. Es ist Betrachtung des menschlichen Auges, dessen lichtbrechenden Substanzen zusammengesetzt ist, möglich sein, achromatische, das Licht nicht zerlegen. DOLLAND löste dieses Problem.

Organismus zerfällt nach unserer obigen in drei getrennte Haupttheile: in ein System, welche die Richtung der Bewegung, die den Kraftvorrathes bestimmen, und in die Kraft der Bewegung lebendig, die die Theile zur Arbeit nach aussen

zur Herstellung der passiv bewegenden, zeigt jene hohe Vollkommenheit, welche die Mechanik verwendet zu dem gleichen Zwecké vor allem aus Holz. Die Natur bedient sich eines Materiales, welches die Vor- genannten in sich vereinigt: der Knochensubstanz. Sie besitzt die erdigen Bestandtheile die Festigkeit des Steines, die Beimischung von einem Stoffe ertheilt ihr die Elasticität der Metalle.

### Mikroskopischer Bau der Skelethbestandtheile.

Knochengewebe entsteht im Leibe des Embryo nicht primär, es ist ein Umwandlungsprodukt, welches sich aus den verschiedenen Modifikationen des Bindegewebes bildet. Die rundlichen, ringsgeschlossenen Zellen des Knorpels, welche zackigen Bindegewebszellen verändern sich dabei zu den Knochenzellen, welche in netzförmiger Verbindung die homogene Grundmasse, die Zellenmasse der Knochensubstanz, in welche die erdigen Knochenbestandtheile eingelagert sind, durchziehen. Die Anatomen unterscheiden nach der Dichtigkeit des Knochengefüges: kompakte und schwammige Knochen. Bei den ersteren ist das Gewebe eine fest zusammenhängende Masse; bei den letzteren umschliessen Balken und Platten von Knochensubstanz zahlreiche, untereinander communicirende Hohlräume. Die Mittelstücke der langen Röhrenknochen bestehen aus kompakter Substanz bestehend, die Gelenkenden (Epiphysen) bestehen aus spongiöser Substanz; ebenso auch die kurzen unregelmässigen Knochen, welche nur äusserlich von einer Schale aus kompakter Substanz (Glastafel) umhüllt sind. Das feine Kanalsystem im Knochen, in welches die Knochenzellen eingebettet sind, und welches in offener Kommunikation steht mit den den Knochen durchziehenden, vielverzweigten und mit einander verbundenen Kanälchen, Havers'schen Kanälchen, für die Aufnahme der Blutgefässe bestimmt, geben den feinen Knochendurchschnitten und Schliffen





zur Ortsbewegung von Lasten gebaut werden, wie z. B. die Lokomotiven, die auf Vollkommenheit der Einrichtungen noch durchaus nicht erreicht. Man sollte sich wohl denken, dass einst die Mechanik in Anwendung der am Thiere vorkommenden Mechanismen der Ortsbewegung vollkommenere Lokomotiven zu bauen im Stande sein würde. Es wäre dann dies nicht der erste Fall, in welchem die Mechanik an den mechanischen Einrichtungen der Organismen lernte. Es ist bekannt, dass in ELLER die Betrachtung des menschlichen Auges, dessen lichtbrechender Apparat aus verschiedenen brechenden Substanzen zusammengesetzt ist, Gedanken erweckte, es müsse möglich sein, achromatische, das Licht nicht zerreuende Fernröhre zusammenzusetzen. DOLLAND löste dieses Problem.

Die Maschine des menschlichen Organismus zerfällt nach unserer obigen Einteilung wie alle Kraftmaschinen in zwei getrennte Haupttheile: in ein System der passiv bewegter Maschinentheile, welche die Richtung der Bewegung, die Art und Weise der Uebertragung des rohen Kraftvorrathes bestimmen, und in ein System der aktiv bewegenden Theile, in denen die Kraft der Bewegung lebendig wirkt, welche die durch sie bewegten Hebelvorrichtungen zur Arbeit nach aussen verwenden.

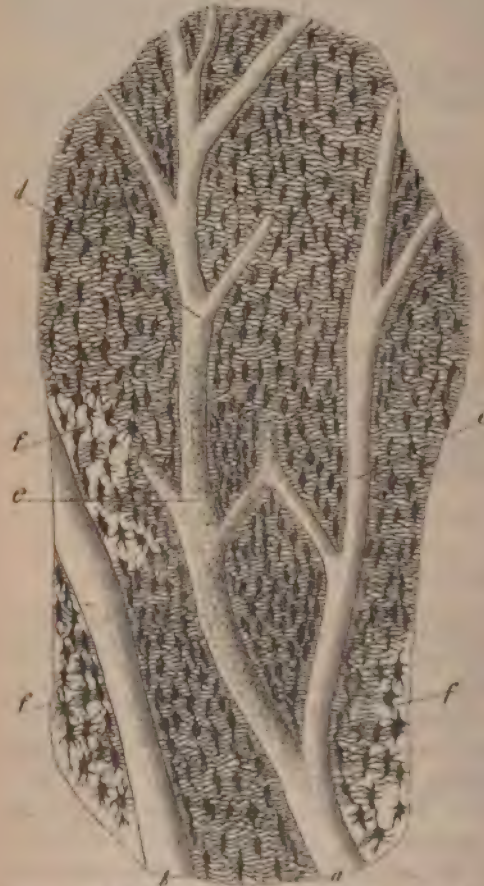
Schon das Material, welches die Natur zur Herstellung der passiv bewegter Maschinentheile verwendet, zeigt jene hohe Vollkommenheit, welche oben erwähnt wurde. Die Mechanik verwendet zu dem gleichen Zwecke vor allem Eisen, Stein und Holz. Die Natur bedient sich eines Materiales, welches die Vortheile der genannten in sich vereinigt: der Knochensubstanz. Sie besitzt in ihren erdigen Bestandtheile die Festigkeit des Steines, die Beimischung von organischem Stoffe ertheilt ihr die Elasticität der Metalle.

### Mikroskopischer Bau der Skeletbestandtheile.

Das Knochengewebe entsteht im Leibe des Embryo nicht primär, es ist ein Umwandlungsprodukt, welches sich aus den verschiedenen Modifikationen des Bindegewebes bildet. Die rundlichen, ringsgeschlossenen Zellen des Knorpels, die zackigen Bindegewebszellen verändern sich dabei zu den Knochenknorpelzellen, welche in netzförmiger Verbindung die homogene Grundmasse der Knochensubstanz bilden, in welche die erdigen Knochenbestandtheile eingelagert sind, durchziehen. Die Anatomen unterscheiden nach der Dichtigkeit des Knochengefüges: kompakte und schwammige Knochen. Bei den ersteren ist das Gewebe eine fest-zusammenhängende Masse; bei den letzteren umschliessen Balken und Platten von Knochensubstanz zahlreiche, untereinander communicirende Hohlräume. Die Mittelstücke der langen Röhrenknochen bestehen aus kompakter Substanz bestehend, die Gelenkenden (Epiphysen) bestehen aus spongiöser Substanz; ebenso auch die kurzen unregelmässigen Knochen, welche nur äusserlich von einer Schale aus kompakter Substanz (Glastafel) umgeben sind. Das feine Kanalsystem im Knochen, in welches die Knochenzellen eingebettet sind, und welches in offener Kommunikation steht mit den den ganzen Knochen durchziehenden, vielverzweigten und mit einander verbundenen Havers'schen Kanälchen, für die Aufnahme der Blutgefässe im Knochen bestimmt, geben den feinen Knochendurchschnitten und Schläffen

ihr spezifisches Aussehen. Die Gestalt und den Verlauf der Havers'schen Kanäle kann man am besten auf Längsschliffen der Knochensubstanz beobachten. Sie durchsetzen den ganzen Knochen von der Oberfläche desselben bis zur inneren Markhöhle. Sie sind weiter, und ihre Verzweigungen entsprechen den Blutgefäßtheilungen, wie auch sonst in anderen Geweben antreffen (Fig. 459). Auf dem Querschnitt

Fig. 459.



Senkrechter Schnitt durch eine menschliche Phalange. Bei a und b zwei Markkanäle mit den Ästen c und d; bei e die Ausmündung der Kalkkanälchen in Form von Pünktchen; bei f die Knochenzellen.

Fig. 460.



Segment eines Querschliffes eines menschlichen Metacarpus mit Ammoniumchlorid behandelt, 70 mal vergrößert. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z, aa, ab, ac, ad, ae, af, ag, ah, ai, aj, ak, al, am, an, ao, ap, aq, ar, as, at, au, av, aw, ax, ay, az, ba, bb, bc, bd, be, bf, bg, bh, bi, bj, bk, bl, bm, bn, bo, bp, bq, br, bs, bt, bu, bv, bw, bx, by, bz, ca, cb, cc, cd, ce, cf, cg, ch, ci, cj, ck, cl, cm, cn, co, cp, cq, cr, cs, ct, cu, cv, cw, cx, cy, cz, da, db, dc, dd, de, df, dg, dh, di, dj, dk, dl, dm, dn, do, dp, dq, dr, ds, dt, du, dv, dw, dx, dy, dz, ea, eb, ec, ed, ee, ef, eg, eh, ei, ej, ek, el, em, en, eo, ep, eq, er, es, et, eu, ev, ew, ex, ey, ez, fa, fb, fc, fd, fe, ff, fg, fh, fi, fj, fk, fl, fm, fn, fo, fp, fq, fr, fs, ft, fu, fv, fw, fx, fy, fz, ga, gb, gc, gd, ge, gf, gg, gh, gi, gj, gk, gl, gm, gn, go, gp, gq, gr, gs, gt, gu, gv, gw, gx, gy, gz, ha, hb, hc, hd, he, hf, hg, hh, hi, hj, hk, hl, hm, hn, ho, hp, hq, hr, hs, ht, hu, hv, hw, hx, hy, hz, ia, ib, ic, id, ie, if, ig, ih, ii, ij, ik, il, im, in, io, ip, iq, ir, is, it, iu, iv, iw, ix, iy, iz, ja, jb, jc, jd, je, jf, jg, jh, ji, jj, jk, jl, jm, jn, jo, jp, jq, jr, js, jt, ju, jv, jw, jx, jy, jz, ka, kb, kc, kd, ke, kf, kg, kh, ki, kj, kk, kl, km, kn, ko, kp, kq, kr, ks, kt, ku, kv, kw, kx, ky, kz, la, lb, lc, ld, le, lf, lg, lh, li, lj, lk, ll, lm, ln, lo, lp, lq, lr, ls, lt, lu, lv, lw, lx, ly, lz, ma, mb, mc, md, me, mf, mg, mh, mi, mj, mk, ml, mm, mn, mo, mp, mq, mr, ms, mt, mu, mv, mw, mx, my, mz, na, nb, nc, nd, ne, nf, ng, nh, ni, nj, nk, nl, nm, nn, no, np, nq, nr, ns, nt, nu, nv, nw, nx, ny, nz, oa, ob, oc, od, oe, of, og, oh, oi, oj, ok, ol, om, on, oo, op, oq, or, os, ot, ou, ov, ow, ox, oy, oz, pa, pb, pc, pd, pe, pf, pg, ph, pi, pj, pk, pl, pm, pn, po, pp, pq, pr, ps, pt, pu, pv, pw, px, py, pz, qa, qb, qc, qd, qe, qf, qg, qh, qi, qj, qk, ql, qm, qn, qo, qp, qq, qr, qs, qt, qu, qv, qw, qx, qy, qz, ra, rb, rc, rd, re, rf, rg, rh, ri, rj, rk, rl, rm, rn, ro, rp, rq, rr, rs, rt, ru, rv, rw, rx, ry, rz, sa, sb, sc, sd, se, sf, sg, sh, si, sj, sk, sl, sm, sn, so, sp, sq, sr, ss, st, su, sv, sw, sx, sy, sz, ta, tb, tc, td, te, tf, tg, th, ti, tj, tk, tl, tm, tn, to, tp, tq, tr, ts, tt, tu, tv, tw, tx, ty, tz, ua, ub, uc, ud, ue, uf, ug, uh, ui, uj, uk, ul, um, un, uo, up, uq, ur, us, ut, uu, uv, uw, ux, uy, uz, va, vb, vc, vd, ve, vf, vg, vh, vi, vj, vk, vl, vm, vn, vo, vp, vq, vr, vs, vt, vu, vv, vw, vx, vy, vz, wa, wb, wc, wd, we, wf, wg, wh, wi, wj, wk, wl, wm, wn, wo, wp, wq, wr, ws, wt, wu, wv, ww, wx, wy, wz, xa, xb, xc, xd, xe, xf, xg, xh, xi, xj, xk, xl, xm, xn, xo, xp, xq, xr, xs, xt, xu, xv, xw, xx, xy, xz, ya, yb, yc, yd, ye, yf, yg, yh, yi, yj, yk, yl, ym, yn, yo, yp, yq, yr, ys, yt, yu, yv, yw, yx, yy, yz, za, zb, zc, zd, ze, zf, zg, zh, zi, zj, zk, zl, zm, zn, zo, zp, zq, zr, zs, zt, zu, zv, zw, zx, zy, zz.

Knochens erscheinen sie als ovale oder runde Löcher, zum Beweise, daß die Laufrichtung der Gefäße im Knochen vor allem der Längsaxe derselben folgt. Im kurzen und spongösen Knochen ist der Verlauf der Havers'schen Kanäle nicht so regelmässig, doch halten sie auch meist vorwiegend eine gerichtete Richtung in ihrem Verlaufe ein.



Das Knochengewebe zwischen den Havers'schen Gängen besitzt, wie sich deutlich auf Querschliffen zeigt, einen deutlich geschichteten Bau (Fig. 160). Theil dieser Schichten umkreist regelmässig die Havers'schen Kanälchen, ein Lamellensystem beginnt von der grossen Markhöhle und durchsetzt in concentrischen Schichten die ganze Knochendicke, vielfältig von den Lamellen der Havers'schen Kanälchen unterbrochen, um unter dem Periost in ganz radialer Schichtung (Beinhautlamelle) zu erscheinen. Diese Schichtungen können nur bei den kompakten Knochen deutlich und regelmässig sein. Die Knochensubstanz selbst ist ziemlich undurchsichtig, nach VALENTIN's Angabe lichtbrechend. Von der Beinhaut aus senken sich senkrecht auf die Lamellen meist noch unverkalkte Fasern in die Knochensubstanz ein: Sharpey'sche Fasern.

Die Knochenzellen, welche in sehr grosser Anzahl in der Knochensubstanz vorfinden, liegen eingebettet in jenes schon erwähnte feine, vielverzweigte Kanälnetz, dessen feine Gänge den Namen Kalkkanälchen führen. An Stellen, wo die Knochenzellen eingebettet liegen, sind in dem feinen Kalkkanälnetz linsenförmig gestaltete Knotenpunkte: die Knochenhöhlen ( $0,025'''$  lang und  $0,003-0,006'''$  breit). Ihre Längsaxe läuft der Fläche der Lamellen parallel. Die Ausläufer der Knochenhöhlen haben nur einen Durchmesser von  $0,0006-0,0008'''$ . An getrockneten Knochen kann man den Zusammenhang der Knochenhöhlen unter sich und mit den Havers'schen Kanälchen am leichtesten überblicken. In den Knochenhöhlen, deren Wandschicht kompakter zu sein scheint als die übrige Knochensubstanz, liegt die eigentliche Knochenzelle. FAYE beschreibt sie von der Gestalt der Knochenhöhle, unbeeinträchtigt, bisweilen mit kurzen, gegen die Mündung der Kalkkanälchen gerichteten Fortsätzen, ohne eigentliche Zellenmembran mit einem länglichen Kerne (Fig. 161).

Ausserlich ist der Knochen von einer bindegewebigen Haut, dem Perioste, mit Beinhaut, eingehüllt, welche sehr gefässreich, und mit dem Knochen verbunden durch die gemeinschaftlichen Blutgefässe, Nerven und Sehnenstreifen (SHARPEY'schen Fasern) verbunden ist. Zwischen Beinhaut und dem Knochen findet sich (OLLIER) eine Schicht, die dicht stehende, rundliche Zellen enthält, von welcher das Knochenwachsthum so wie Knochenneubildung ausgeht: (Blastème périostale).

Die weiteren Höhlungen zwischen der festen Knochensubstanz sind abgesehen von den Blutgefässen und Nerven von dem Knochenmark ausgefüllt (cf. S. 375).

Die Bänder, welche die Knochen unter einander verbinden, sind entweder weiss und glänzend und bestehen dann vornehmlich aus lockigem Bindegewebe mit elastischen Fasern durchsetzt, oder sie haben ein strohgelbes Aussehen und sind dann vor allem aus elastischem Gewebe zusammengesetzt (Ligamenta flava, z. B. das L. nuchae), letzteren nur eine geringe Beimischung von Bindegewebe. Kommt die Verbindung der Knochen durch Knorpel zu Stande, so dient dazu entweder echter, hyaliner Knorpel (Rippenknorpel, Gelenknorpel) oder Faserknorpel (Synchondrosen, Ligamenta intervertebralia). Bei fast allen Gelenken sind die Knochenenden

Fig. 161.



Knochenzelle aus  
dem frischen Sieb-  
bein der Maus mit  
Karmalin tingirt.

mit Hyalinknorpel überzogen, nur das Kiefergelenk zeigt einen faserknorpeligen Ueberzug. Der Knorpel ist gefässlos. Die Synovialkapseln, welche die knorpeligen Gelenkenden mit einander verbinden, bestehen aus Bindegewebe, das Blutgefässe und Nerven besitzt, die innere Oberfläche ist mit einem Plattenknorpel ausgekleidet, welches bei Erwachsenen an dem Rande der Gelenkknorpel in die Gelenkhöhlen ragen als Fortsätze Falten und Wucherungen der Synovialkapsel, durchzogen mit zahlreichen Blutgefässchen. Dergleichen Anknüpfungen können durch Vergrösserung und Abreissen von ihrem Stiele Anlass zur Bildung der freien, bindegewebigen Knorpel in den Gelenken, der sogenannten Gelenkmäuse, werden. Die Gelenkhöhle ist mit einer hellen, dicklichen, viskösen Flüssigkeit erfüllt, die normal keine Formbestandtheile erkennen lässt.

Die Entwicklung des Knochens findet wie gesagt im Fötalzustande theils aus Knorpel, theils aus Knorpel statt. Die Wirbelsäule, Rippen, Brustbein, Schlüsselbein, Extremitätenknochen, die Knochen der Schädelbasis sind knorpelig vorgebildet, die Schuppentheile des Oberhauptbeins, die Scheitelbeine, das Stirnbein, die Schuppen der Schläfenbeine, die Schläfenknochen der Schädelnähte, die Gesichtsknochen, entstehen aus einer knorpeligen Grundlage, durch die sogenannte »intermembranöse Knochenbildung«. Die Ossifikation folgt, indem sich zuerst in die Interzellulärschicht die den Knochen verfestigenden Kalksalze ablagern. Die Stelle, an welcher die Umbildung zuerst erfolgt, heisst man als Ossifikationszentrum, Verknöcherungspunkt. Das Knochengewebe geht in allen Fällen aus einer wesentlich gleichen Neubildung osteogener Substanz hervor. In den Ossifikationspunkten des Knorpels entstehen zunächst Erweichungen, Mark mit einer weichen Zellenmasse angefüllte Kanäle, in welche Blutgefässe einströmen. Knochengewebe entsteht nur dort, wo zuerst sich Mark gebildet hatte, und reicht bis zur Grenze des letzteren und des nicht aufgelösten, verkalkten Knorpels. Die Knochenbildung geht von einer »epithelartig« die Markräume umlagernden Zellschicht, den Osteoplasten (GEGENBAUR) aus, welche nach der Einnahme (GEGENBAUR) ein erhartendes Material aus sich ausscheiden, welches zur Grundsubstanz wird. Die Zellen selbst zeigen schliesslich herein feine Ausläufer und wandeln sich in die Knochenzellen um. Nach WALKER dagegen die Osteoplasten selbst schichtweise, während sich vom Mark aus nach aussen die Grundsubstanz des Knochens umgewandelt. Bei einzelnen soll diese Umwandlung Verschmelzung nur die Aussenschicht treffen, der innere Theil mit dem Kern zurück in eine strahlige Höhle eingeschlossene Knochenzelle zurück. Die grossen Knochen entstehen durch Auflösung (Resorption) schon fertiger Knochensubstanz. Aus der knorpeligen Knorpelanlage geht die Substantia spongiosa hervor. Die Entwicklung der kompakten Knochensubstanz erfolgt durch Verknöcherung von Bindegewebe; bei dem Aufbau der Knochen verknöchert die innerste Periostlage im Wesentlichen nach dem gleichen Typus. Die Verlängerung der Röhrenknochen scheint vor allem auf Wucherung des Knorpels der Epiphysen zu beruhen, der neugebildete Knorpel verknöchert in die

### Chemische und physikalische Lebens Eigenschaften der Skeletbestandtheile

Die **Knochensubstanz** besteht aus einem elastischen, von Wasser durchdrungenen Grundgewebe, chemisch aus leimgebender Substanz bestehend, diese sind Kalksalze: überwiegend viel dreibasisch phosphorsaurer Kalk und wenig kohlensaurer Kalk und phosphorsaurer Magnesia inkrustirt, dem Gewebe einen hohen Grad von Steifigkeit und Festigkeit verleiht. Es ist klar, dass die physikalischen Eigenschaften: die Festigkeit und Flexibilität der Knochenmasse wechseln muss mit ihrer chemischen Zusammensetzung.



ten, sehr umfangreichen Untersuchungen ZALESKY's scheint die ältere Meinung erwiesen, dass die Knochensubstanz eine konstante chemische Verbindung von unorganischen Stoffen bei allen Thieren, in allen Lebensaltern etc. sei. organischen Stoffe betragen (beim Menschen):

34,6 pCt.

die unorganischen: 65,4 „

er bestehen aus:

$P_2 O_5$   $Mg_3$  4,0392

$P_2 O_5$   $Ca_3$  83,8886

an  $CO_2$ , Cl, Fl gebunden: 7,6475, daneben noch Spuren von Eisenoxyd. Vergleichende chemische Untersuchungen haben ergeben (BIBRA, LEHMANN), der Gehalt der Knochenmasse an erdigen, feuerfesten Bestandtheilen in den mannigen Knochen im Alter verschiedener Individuen entsprechend der verschiedenen Arbeitsfähigkeit bis zum kräftigen Mannesalter steigt, um von da an zu fallen. So betrugen z. B. bei einem Kinde von  $\frac{3}{4}$  Jahren die erdigen Knochenbestandtheile des Femur 56,4 pCt., bei einem 25 jährigen Manne 69,0 pCt. einem 78 jährigen Weibe: 66,8 pCt. Die untersuchte Knochenmasse war getrocknet, der Rest bestand also allein aus trockener leimgebender Substanz. Nach Untersuchungen von WERTHEIM nimmt in Uebereinstimmung mit diesen Ergebnissen der chemischen Analyse die Festigkeit der Knochen mit dem zunehmenden Alter ab.

Den einzelnen Knochen, welche das mechanische Gerüste des menschlichen Körpers zusammensetzen, werden in dem Haushalte des Organismus verschiedenen Kräfteleistungen zugemuthet, welche einen verschiedenen Grad von Festigkeitsvoraussetzungen. Die Rippen und das Brustbein sind offenbar viel geringerem Drucke ausgesetzt und bedürfen, um den ihnen übertragenen mechanischen Leistungen zu genügen, einer geringeren Festigkeit als der Oberarm- oder Oberarmknochen, die so vielfältig als starre Hebel verwendet werden. Diesen Verschiedenheiten in den Anforderungen von Seite des Organismus an die Festigkeit der einzelnen Knochen entspricht ein verschiedener Gehalt an Knochenerde, deren Anwesenheit die genannte Eigenschaft der Knochen beruht. Nach den Untersuchungen von BIBRA enthält das Oberarmbein 60 pCt., das Brustbein 51 pCt. Knochenerde. Die übrigen Knochen ordnen sich dazu in folgender Reihe: Humerus, Femur, Tibia, Fibula, Ulna, Radius, Metacarpus, Os occipitis, Clavicula, Ilium, Costa, Os ilium, Vertebrae, Sternum.

Ausser der chemischen Zusammensetzung muss auf die physikalischen Eigenschaften der Knochen offenbar auch noch ihr verschiedener Bau von Einfluss sein. Je nach der Anzahl und Grösse der vorhandenen Markkanälchen Knochenhöhlen wird die Festigkeit und Federkraft ab- und zunehmen. Wir können auch hier den Zwecken, zu welchen der Organismus die einzelnen Knochen gebraucht, entsprechende Verhältnisse. Ueberall sehen wir von der Natur Eigenschaften des verwendeten Materiales dem Einzelzwecke vollkommen angepasst. —

Auch die Knochen zeigen Stoffwechsel. Wir sehen das Leben überall in einem Wechsel, mit Oxydationen der chemischen Bestandtheile der belebten Organismen und ihrer Organe verbunden. Man könnte auf den Gedanken verfallen, diese starren, steinähnlichen Massen, die Knochen dem chemischen Wechsel-

verkehr des Lebens entzogen seien. Bis zu einem gewissen Grade ist die Annahme wirklich gerechtfertigt. Jene anorganischen Stoffe des Knochens, mehr als die Hälfte seiner gesamten trockenen Masse ausmachen, sind oxydirte Verbindungen, eine Aufnahme von Sauerstoff in ihre Zusammensetzung und damit ein Antheilnehmen desselben an den Kräfte erzeugenden Vorgängen findet nicht mehr statt, die betreffenden Kalkverbindungen haben einen anorganischen Charakter, sie stehen wenigstens direkt ausserhalb des übrigen Organismus beständig vor sich gehenden Stoffumänderungen.

In der organischen Grundsubstanz der Knochen, beweist der Verkehr zwischen den mit einander communicirenden Zellen, den Knochenkörperchen, welche Kalkkanälchen der Zwischenmaterie sich eingelagert finden, sowie die Blutgefässe, die sie durchziehen, und die in sie eintretenden Nerven ein verhältnissmässig regen Stoffverkehr und Stoffwechsel.

Pathologische und experimentell-physiologische Erfahrungen beweisen, dass die Lebenserscheinungen im Knochen sogar ziemlich lebhafter Natur sind. Nach einem Knochenbrüche findet eine Neubildung der Knochensubstanz vom Periost aus statt, welcher Vorgang schliesslich die Wiedervereinigung der getrennten Knochenstücke und die Heilung der Fraktur herbeiführt. Fütterungsversuche mit dem roth gefärbten Stoffe des Krapp, durch welchen die Knochen roth gefärbt werden, scheinen zu sprechen, dass beständig ein Neuwachsthum der Knochensubstanz vom Periost aus stattfindet, während die an die Markhöhle grenzenden Knochen aufgelöst werden.

Auch der anorganische Theil der Knochen wird wenigstens insoweit den Lebensvorgängen hineingezogen, als auch er einem beständigen Verbrauch, Lösung und einer eben so beständigen Erneuerung unterliegt. Bei Mangel an Kalksalzen in der Nahrung sehen wir die Knochen nach und nach erweichen, und wenn die Knochenbildung bei knochenschwachen Kindern und bei Erwachsenen nach ärztlichen Erfahrungen durch Kalkzusatz zur Nahrung wieder hergestellt wird, die Möglichkeit der Lösung und des Wiederersatzes der phosphorsauren Salze wird durch die Albuminate und zwar vorzüglich das Casein gegeben, welche Albuminate machen diesen wichtigen chemischen Stoff dadurch, dass sie ihn verbinden, in den alkalischen Säften: Blut und Lymphe löslich.

Zur Bildung der glatten Oberflächen der Gelenkenden, zur Verbindeung der einzelnen Skeletstücke unter einander, findet sich ein von der Knochen-Substanz wesentlich verschiedenes Gewebe: das **Knorpelgewebe** verwendet, welches durch besondere Biegsamkeit und Zähigkeit ausgezeichnet ist. Es enthält eine geringe Menge anorganischer Bestandtheile, etwa 2—7 pCt. (Hann). Seine Masse besteht aus chondringebender Substanz, die ziemlich viel Wasser enthält, 30 und 46 pCt., enthält. Das Chondrin unterscheidet sich von Glutin dadurch, dass ersteres durch Essigsäure fällbar ist, letzteres nicht.

Die Lebenserscheinungen innerhalb des Knorpels scheinen nur ausserhalb der Knochen zu verlaufen. Die weit von einander liegenden, abgeschlossenen, durch Zwischenmaterie getrennten Knorpelzellen, der Mangel an Blutgefässen, erklärt dies. Niemals heilt eine Knorpelwunde durch neugebildete Knorpelsubstanz, sondern es bildet sich nur eine bindegewebige Narbe. Es ist dies auffallend, da der Knorpel zu den Formbestandtheilen gehört, welche in pathologischen Neubildungen vorkommen können.



Der Zusammenhalt der einzelnen Skeletstücke wird durch einen eigenen Apparat vermittelt, welcher die zusammengehörigen Knochenenden, die Gelenke mit häutigen, dicht anliegenden Kapseln umschliesst, deren Festigkeit noch eigene, seitlich oder im Inneren der Gelenke befindliche Bänder verstärkt. Zur Herstellung dieses Verbindungsapparates findet sich das elastische Bindegewebe und das lockige Bindegewebe benützt, welches sich dazu durch grosse Festigkeit besonders eignet, die mit einer grossen Dehnbarkeit bei niedriger mit einer grossen Steifigkeit bei höheren Spannungsgraden verbunden ist. Das Bindegewebe der Träger der Blutgefässe ist, so vermittelt es überall den Zufluss der ernährenden Gefässe zu den umschlossenen Gebilden. Wo besondere Festigkeit mit Elasticität gepaart nothwendig wird, geht es jenen Härtungsprocess der Grundsubstanz ein, der zur Bildung der elastischen Membranen und Bänder führt.

Aus diesen Geweben: dem Knochen-, Knorpel- und lockigem Bindegewebe mit elastischen Elementen ist der passiv bewegte Theil der Hülle des menschlichen Körpers zusammengesetzt.

### Die Gelenke.

Ein Theil des Skeletes ist durch mehr oder weniger unbeweglich mit einander verbundene Knochen gebildet, so dass wir ihn für unsere Betrachtungen ansehen dürfen: die Knochen des Rumpfes. An diesen sind die eigentlichen Bewegung dienenden Knochen der Extremitäten beweglich eingelenkt. Interessirt hier vor allem die Verbindungsweise der Extremitätenknochen mit einander und mit dem Rumpfe, da wir vorzüglich die Bewegungsmöglichkeit zu fassen haben.

Die Verbindungen der Bewegungsapparate sind im Allgemeinen nach sehr dem Principe konstruirt. Zwei Knochen stossen mit freien Endflächen an einander; um die Berührungsflächen zieht sich eine häutige Kapsel, die mit dem einen Ende an dem einen, mit dem anderen an dem zweiten der beweglich mit einander verbundenen Knochen und zwar am Rande ihrer Berührungsflächen angeschlossen ist. So entsteht an den Berührungsflächen eine vollständig geschlossene Höhle, die Gelenkkapsel. Die Wände dieser Höhle sind vollkommen glatt, ebenso wie einem Knorpelüberzuge versehenen Gelenkenden, sie werden durch eine fett- und mucinhaltige Flüssigkeit mit vielen zerfallenden Zellen und 15 pCt. Wasser: die Gelenkschmiere schlüpfrig erhalten.

Der Ausdruck Höhle für das Innere der Gelenkkapsel ist im strengen Wortsinne falsch, insofern diese vollkommen von ihrem Inhalte ausgefüllt ist. Die Lücken, etwa zwischen den Gelenkenden entstehenden Lücken werden stets mit der Gelenkflüssigkeit ausgefüllt. Da gleichzeitig bei allen Gelenken ein vollkommener Luftabschluss existirt, so werden durch den Luftdruck schon unter normalen Bedingungen, solange die Gelenkkapsel nicht zerrissen ist, die Knochenenden an einander gelehnt. Allen Bewegungen der Knochenenden an den Gelenken folgt die Gelenkflüssigkeit und die Membran der Gelenkkapsel, sodass kein hohler, leerer Raum in der Gelenkhöhle entstehen kann. Diese Verbindungsweise ist äusserst zweckentsprechend, indem sie den Zusammenhalt der

Gelenkenden der Knochen ohne Aufwand von mechanischer Kraft möglich zu sein. Die Wirkung des Luftdruckes, der dem Entstehen eines leeren Raumes in den Gelenkkapseln entgegen wirkt, ist so bedeutend, dass sie nicht nur der Schwerkraft der eingelenkten Glieder das Gleichgewicht hält, sondern dass sie noch überdies die Knochen mit einer gewissen Kraft an einander drückt. Wir verdanken das Kenntniss der Luftdruckwirkung in den Gelenken den Untersuchungen der Brüder EDUARD und WILHELM WEBER. So wird z. B. der Gelenkkopf des Oberschenkels mit ziemlicher Kraft in der Pfanne festgehalten; sobald man aber die Gelenkpfanne vom Becken aus anbohrt und damit der Luft freien Zutritt gibt, so sinkt der Gelenkkopf aus der Pfanne heraus. Durch die Einrichtung, die die Wirkung des Luftdruckes ziemlich genau durch das Gewicht des an dem Gelenk hängenden Gliedes equilibriert ist, können sich die Gelenkflächen fast ohne Widerstand an einander bewegen, das Bein kann in seiner Gelenkpfanne vollkommen freie Bewegungen ausführen. Unter diesen Bedingungen ist es nothwendig für grössere Bewegungen, dass die eine Gelenkfläche genau der Abdruck der andern sei; bei den Bewegungen schleifen oder gleiten diese an einander hin.

Alle im menschlichen Körper sich findenden Gelenke, welche eine grössere Beweglichkeit zeigen, sind durch das Zusammenstossen sogenannter Rotationsflächen, oder aus Stücken von solchen, gebildet, die man sich entstanden denken kann durch Umdrehung einer beliebigen Kurve um eine mit ihr fest verbundene gerade Linie. So entsteht ein Cylinder, dessen Schema sich bei den Gelenken verwendet findet, bei den sogenannten Scharniergelenken, dadurch, dass sich eine gerade Linie um eine mit ihr in derselben Ebene gelegene Linie dreht. Die Abgussfläche des Cylinders, in die die Bildung der Gelenke hineingesenkt ist, kann natürlich auf dieselbe Weise gleichfalls entstanden gedacht werden, wenn wir uns vorstellen, dass die gedrehte Linie den Cylinder einer weichen Masse herauszuschneidet, wobei zugleich der Cylinder und sein Abguss mitgeführt wird. Aus diesem Bilde wird am leichtesten durch unmittelbare Anschauung, wie bei zusammenstossenden Rotationsflächen z. B. in den Gelenken nur solche Bewegungen vorkommen können, die in einer Drehung um die Axe der Rotationsfläche bestehen, eine Entfernung der an einander schleifenden Flächen nicht möglich ist.

Danach wären die Bewegungen in den Gelenken sehr beschränkt, je nach der Form der zusammenstossenden Gelenkflächen; die Natur ertheilt ihren Gelenken dadurch eine grössere und mannichfaltigere Beweglichkeit als die Mechanik, dass sie bei allen ihren mechanischen Einrichtungen sich nicht an geometrische Strenge der Ausführung bindet. Ein Scharniergelenk, das nur Bewegung in einer Richtung zulassen sollte, könnte sonach auch in zwei Richtungen eine wenn auch beschränkte Beweglichkeit erhalten. Es entstehen so die gemischten Gelenke der Anatomie.

Am freiesten ist die Beweglichkeit derjenigen Gelenke, bei denen die zusammenstossenden Flächen Abschnitte ein und derselben Kugel sind: der Kugelgelenke, der eine besitzt eine konvexe, der andere eine konkave Gelenkfläche, welche genau auf einander passen, wie bei dem Hüftgelenke, dem Schultergelenke. Diese Gelenke zeigen im Gegensatz zu den anderen Gelenken, welche nur eine Bewegung nach bestimmter Richtung gestatten, eine allseitige Beweglichkeit. Vor allen sonstigen Rotationsflächen ist nämlich die Kugel entstanden indem sich ein Halbkreis um seine Axe, diese als feststehende Linie gedacht, —, dadurch ausgezeichnet, dass sie mit ihrem als festgestellt gedachten Abguss (der Pfanne) in allseitiger Berührung bleibt, nicht nur bei der Drehung um eine bestimmte, sondern bei der Drehung um jede beliebige Linie als Axe, welche durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Jede Axe der Kugel kann als Drehungsaxe verwendet werden. Bei den Bewegungen solcher konkaver und konvexer Kugelflächen an einander bleibt ein Punkt der Kugel unbeweglich, bei den Bewegungen des Cylinders in einem Cylin-



es eine Linie, die Cylinderaxe, welche als ruhend bei dem Aneinanderschleifen werden muss. Die Gelenke mit Kugelflächen können sonach alle Bewegungen ausführen, deren Mittelpunkt der Kugelflächen unbewegt bleibt.

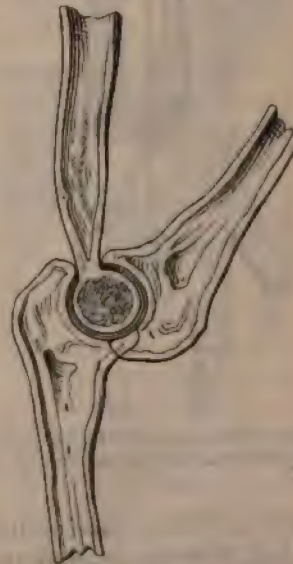
### Der Bau der Extremitätengerüste.

verbundenen Knochen stellen alle Hebel dar, durch deren Bewegung in verschiedenen Richtungen Lasten gehoben, gestützt oder geschoben etc. werden können. Obere und unteren Extremitäten zeigen in ihrem Baue eine unverkennbare Analogie. Doch finden sich Modifikationen, welche ihren verschiedenartigen Ansprüchen entsprechen. Während die Beine als feste Tragsäulen des Rumpfes oder zur Unterstützung desselben dienen sollen, haben die Arme die Aufgabe des Ergreifens, Abwehrens äusserer Objekte von dem Gesamtkörper. Wir werden also die Beine in ihrer Struktur fester, in ihren Bewegungen stabiler erwarten, als die Arme, die eine geringere Festigkeit, dagegen eine grössere Beweglichkeit für ihre mannichfaltigen Verrichtungen verlangen.

Der Armrückenröhre ist ein gegliederter Stab, welcher mit dem Rumpfe am Schultergelenk das freieste Gelenk des ganzen Körpers, das Schultergelenk zusammenhängt. Die Beweglichkeit des Schultergelenkes beruht vor allem darauf, dass es ein Kugelgelenk ist, das aber insofern hier eine Besonderheit aufweist, als der Gelenkkopf zwar den grössten Theil einer Kugelfläche darstellt, die aber nur ein sehr kleines Stück der entsprechenden Halbkugel. So wird der knöchernen Theil des Gelenkes die Beweglichkeit weit weniger beschränkt, als es der Fall wäre, wenn die Pfanne als starre Knochenkapsel den Gelenkkopf umschliesse, wie bei den Nussknagelmechanismen, umgreifen würde. Das Gewicht des Armes in seinem Schultergelenke wird durch die Kapsel übertragen. Es kann also eine Bewegung des Armes in diesem Gelenke nach allen Richtungen um den Mittelpunkt der Kugelgelenkflächen stattfinden.

Die beiden Hauptabschnitte des Stabes — Oberarm und Unterarm — sind durch ein Scharniergelenk mit einander verbunden, welches eine freie Beugung der beiden Abschnitte, die aber nicht weiter gestattet, als bis der Oberarm eine gerade Linie mit einander bildet (Fig. 162). Die Rückwärtsbewegung über diese Linie hinaus ist durch eine Hemmvorrichtung — einen Sperrhaken: das Olekranon — verhindert. Es wird durch diese Einrichtung der Übergang von der ausgestreckten Lage zu einer gebogenen Lage, an dessen vorderem Ende eine Last kann, ohne ihn zu biegen; der ganze Arm kann sonach unter diesen Umständen als ein einfacher Hebel benutzt werden.

Fig. 162.



Schema des Ellenbogengelenkes im Zustande grösster Beugung und Streckung.



gegliederter Mechanismus, dessen Gelenkverbindung Beugung und Streckung und Abduktion gestattet. Da die Bewegungsmöglichkeiten, die sich bei diesen Gelenkverbindungen finden, vom Schultergelenk bis zum Handgelenke summirt werden, so ist die Hand selbstverständlich die ausgedehnteste Bewegungsmöglichkeit. Die Zahl der Bewegungen, die die Hand fähig ist, beruht auf der Vielfältigkeit ihrer möglichen Bewegung und ihrer einzelnen Theile. Der Bau der Hand ist im Wesentlichen ungemein einfach. Sie besteht aus fünf an ihren Enden verbundenen Stäbchen, welche auf einem gemeinsamen Knochenstücke, der Handwurzel, nebeneinander befestigt sind. Jedes Stäbchen besteht zunächst aus einem Mittelhandknochen, von denen die ersten vier unbeweglich mit einander verbunden sind, und bilden somit ein tellerartiges Organ: den Handteller. Der Mittelhandknochen des Daumens dagegen eine grosse Beweglichkeit, vereinigt mit der ebenfalls vorhandene Beweglichkeit des Mittelhandknochen des Mittelfingers, die Möglichkeit der Zusammenziehung des Handtellers zu einer rinnenartigen Form. Auf den unteren Enden der Stäbchen sitzen die Knochen der Finger. In den Gelenken der Finger—4



Hochheit der Bewegungsmöglichkeiten und wirklich ausgeführten Bewegungen des Armes und der Hand hat bisher eine vollkommen genaue mechanische Analyse derselben noch vereitelt. So mag diese Skizze genügen, um die mechanischen Verhältnisse, die sich hier ergeben, zu entwerfen.

Aktionen der unteren Extremitäten sind weit einfacherer Art als die des Armes. Sie beschränken sich auf die Unterstützung des Rumpfes bei der Fortbewegung desselben bei den verschiedenen Arten des Ganges, und die Fortbewegung desselben bei den verschiedenen Arten des Laufs. War möglich, diese Verrichtungen vollkommen auf ihre mechanischen Grundlagen zurückzuführen. Das entscheidende Verdienst in dieser Richtung den Gebrüdern WEBER, deren Arbeiten als Grundlage für alle mechanischen Erläuterungen der Bewegungen des animalen Gesamtkörpers dienen

können wir auch hier vorerst den Bau der Bewegungsglieder, so sehen wir, dass sie im Verhältnisse zu den Armen eine grössere Festigkeit besitzen würden, vollkommen bestätigt. Nicht nur sind die Knochen des Skelet der Beine bildenden Knochen massiver und stärker, auch ihre Verbindungen zeigen eine grössere Festigkeit auf Kosten ihrer Beweglichkeit. Die Bewegungen der Beine sind schon dadurch eine bedeutende, weil ein System beweglich unter einander und mit dem Rumpfe verbunden sind. Die Beine artikulieren an dem fast unbeweglich verbundenen Beckenring des Beckens, in dessen hinteren Umfang die Wirbelsäule fest mit ihm ist. Das Becken bildet die starre Basis des Rumpfes, mit welcher letzterer auf seinen Füßen ruht.

Die Beine sind wie die Arme mehrfach gebrochen. Die Art der Gelenkverbindungen zeigt eine unverkennbare Ähnlichkeit.

Das Hüftgelenk zwischen Oberschenkelknochen und Becken, das Hüftgelenk, ist wie das Schultergelenk und zwar ein wirkliches Kugelgelenk und zwar ein wirkliches Kugelgelenk, das, wie schon angegeben, durch das Pfannenrandes über den grössten Gelenkkopf, die Beweglichkeit zwar ermöglicht, sie aber doch nach allen Seiten ziemlich beschränkt (Fig. 464). Auch die eigentliche knöcherne Hohlfläche des Beckens ist ein weit geringeres Stück einer Kugelgelenkfläche des Oberschenkelkopfes.

Am Pfannenrande aufgesetzter Knorpelring umschliesst den Gelenkkopf in grösserer Ausdehnung. Die Bewegungen werden in dem Hüftgelenke durch eine sehnige Kapsel, die bei jeder Bewegung gespannt und gedreht wird, und deren vordere Wand durch das ungleiche Ligamentum ileo-femorale verstärkt, welches eine Rückwärtsbiegung des Beines bei feststehenden Beinen durch seine Anspannung verhindert.

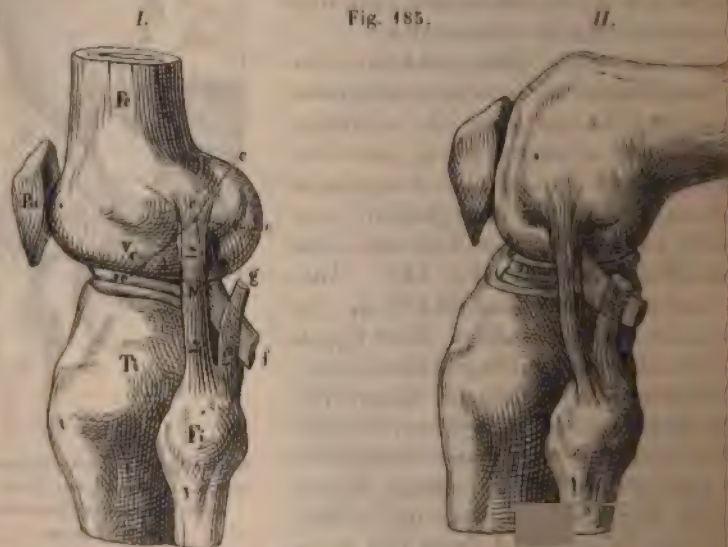
Fig. 464.



Halbte eines menschlichen Beckens nach WEBER. a Ligamentum teres, Linie b Drehungsaxe des Beckens im Hüftgelenk.

Das Kniegelenk entspricht wie das Hüftgelenk dem geforderten vollkommen. Es gestattet durch seine eigenthümliche Einrichtung, die Schraubengelenk oder Spiralgelenk bezeichnen kann, eine Beugung in Ausdehnung, die Streckung jedoch nur bis zur geraden Linie mit dem Unterschenkelbeine, ohne dass wir hier eine ähnliche Hemmungs Vorrichtung Olekranon am Ellenbogengelenk antreffen. Während der Streckung Bewegung in dem Kniegelenk auszuführen. Bei gebogenem Knie kann der Unterschenkel auch nach auswärts und vorwärts gedreht werden. Bei höchster Streckung macht der Unterschenkel gleichfalls eine leichte Drehung nach aussen, die dem Abwickeln des Gelenkschraubenganges beruht. Die Drehung des Unterschenkels an dem Oberschenkel bei gebogenem Gelenk erfolgt durch eine Rotation des äusseren Kondylus um den inneren.

Die Beschränkung der Beweglichkeit im Knie beruht auf der Anwesenheit von Gelenkbändern, die nach bestimmten Richtungen, je nach der Stellung des Beines, hemmend wirken. Bei gestrecktem Knie sind es die Streckbänder, bei gebogenem die Kreuzbänder, welche dem Gelenk seine Beweglichkeit geben und die Bewegungen theilweise beschränken. Die beiden Seitenbänder spannen sich bei der Streckung des Knies an und erschlaffen bei der Beugung. Der Grund dafür liegt darin, dass in der gestreckten Stellung der Abstand zwischen dem Knochens von der Berührungsfläche bis zum Ansatzpunkte des Bandes ist als in der Beugung des Gelenks. Die Gelenkfläche des Kondylus ist von vorn nach hinten nicht sphärisch, sondern mit zunehmendem Halbmesser krümmt, sodass dadurch bei einer übermässigen Streckung die Ansatzpunkte der Seitenbänder sich von einander entfernen müssen (Fig. 165). So wird die Spannung der Seitenbänder eine weitere Streckung, wie eine Drehung des Unterschenkels vermieden. Die Kreuzbänder haben die Aufgabe,



*f.* Sehne des Musculus popliteus. *le.* Ligamentum laterale externum. *e. i., e. 2 IT, 2 T* die verschiedenen Halbmesser des Kondylus. *gg* ein eigenthümliches Band, das von der Fibula zur Kaputle des Unterschenkels geht, und die Sehne *f* des Musculus popliteus in einer bestimmten Lage erhält.



gelenkfläche bei allen Graden der Beugung auf der Tibialgelenkfläche liegen.

Der Fuss bildet eine breite, feste Unterstützungsfläche, auf welcher der Körper mittelst seiner Beine schliesslich ruht. Er zeigt trotz seiner doch eine ziemliche Beweglichkeit, der bei dem Gehen eine nicht unbedeutende übertragen ist. Die beiden Gelenke zwischen Unterschenkel und Fuss und zwischen Talus und Fuss erlauben ihm Streckung und Beugung, sowie Flexion und Adduktion, Supination und Pronation, ohne dass diese verschiedene Bewegungsmöglichkeiten störend auf die Festigkeit des Ganzen einwirken, sondern dadurch erreicht ist, dass diese mannichfachen Bewegungen nicht in den Gelenken vollführt werden können, sondern auf die genannten beiden Verbindungen vertheilt sind.

Das Gelenk zwischen Unterschenkel und Talus gestattet nur Beugung und Streckung und ist ein Scharniergelenk; der Gelenkzylinder gehört dem Talus an; er umgibt von den beiden gabelförmig herabragenden Knöcheln umfasst und fixirt, wie, in analoger Weise wie am Kniegelenke, durch straffe Seitenbänder fixirt werden.

Die übrigen Bewegungen werden in dem Gelenke des Talus mit dem Fusse vollführt, das eine sehr complicirte Gestalt besitzt und, wie es scheint, aus zwei Theilen zusammengesetzt ist. Sein Bau scheint noch nicht vollkommen auf-

Auch hier hält ein fester Bandapparat die Knochen in ihrer gegen-

über dem Fuss, der wie die Handwurzel aus einer hier etwas beweglicheren Motion kurzen Knochen zusammengesetzt ist, stellt ein Gewölbe dar, mit der Sohle dem Boden zugekehrt, auf dem es mit nur drei Punkten aufruht: mit dem Fersenbeine, mit dem Köpfchen des ersten und dem des letzten Metatarsalknochens. Die Abflachung des Gewölbes wird trotz der Gelenkverbindungen dasselbe darstellenden Knochen durch einen Bandapparat gehindert.

Die Zehen sind die Analoga der Finger; sie dienen aber nicht wie jene zum Greifen und Festhalten, sondern für gewöhnlich nur zur Verlängerung und Vergrößerung der Unterstützungsfläche des Körpers. Ihre Beweglichkeit passt die Unterstützungsfläche den Unebenheiten des Bodens möglichst vollkommen an, auch auf unebenem Boden ein Feststehen ermöglicht wird. Ihre Beugung und Streckung verwandelt die Unterfläche des Fusses je nach Bedürfniss in eine mehr oder weniger halbrund gekrümmte Fläche, wodurch sie den Akt des Gehens leicht unterstützen.

### Die Leistungen des menschlichen Bewegungsmechanismus.

Wir haben somit den Bau der Bewegungsmaschine des menschlichen Organismus in seinen wichtigsten Zügen kennen gelernt. Eine nähere Beschreibung der hier berührten Details gehört nicht in die Physiologie, sondern in die Anatomie, worauf wir für weitere Studien verweisen müssen.

Bei den Beschreibungen der von der Technik benützten Maschinen, haben wir auch den Zweck der Maschine bei der Betrachtung in den Vordergrund gestellt. Freilich war es unmöglich, auch nur einigermaassen vollkommen die mechanischen Einrichtungen zu gliedern, die sich so unendlich mannichfaltig finden wie die Vorrichtungen des menschlichen Körpers selbst. Doch haben wir ein Bild gewonnen von den allgemeinen

Verhältnissen, auf denen die Möglichkeit dieser vielseitigen Leistungen beruht, sehen wir die Natur mit weit einfacheren Mitteln zum Zwecke gelangen, als es der Mensch vermag. Die menschliche Maschine ist wesentlich von der von Menschenaffen verschieden.

Aeusserst auffallend ist, wie schon oben angedeutet, wie wenig sich der Aufbau des Bewegungsgerüsts an mathematische Strenge in der Ausführung anlehnt. Ihre Scharniergelenke lassen fast alle nach den neueren Untersuchungen noch fähig sind, bei denen sich der Cylinder auf seinem Ausschmitt wie eine Schraubenmutter abwindet. Das Knie- und Ellbogengelenk bieten dafür Beispiele. Nach der Methode von LANGER durch das Gelenkende der Ulna Stifte so einzufügen, dass sie mit der Spitze eben in die Gelenkhöhle hineinragen. Bei den Beugungen und Streckungen in dem Ellbogengelenke ritzten sie so Spurlinien auf die konvexe Gelenkfläche des Oberarmes, die sich als Theile eines Schraubengewindes darstellen. Der Gelenkfortsatz der Ulna ist somit eine Schraube, die sich in der Schraubenmutter der Gelenkfläche der Ulna abwindet. Ähnlich ist es im Kniegelenke, das schon auf den ersten Blick etwas von einer schraubenartigen Einrichtung erkennen lässt.

Wie sinnreich und in der Mechanik unbenützt sind die Befestigungen der Knochen an einander durch Luftdruck, dessen Stärke ziemlich genau hinreicht, das Gewicht der an den Gelenken hängenden Extremitäten zu equilibriren, sodass die Bewegungen leicht und ohne Reibung möglich sind.

Als Hemmungsapparate der Bewegung findet sich nur am Ellbogengelenke ein mechanischer Sperrhaken, das Olekranon; bei allen anderen Gelenken ist die zur Befestigung der Gelenkenden dienenden Bandapparate verwendet, welche durch ihre elastischen Eigenschaften bei höheren Spannungsgraden eine weitere Streckung nicht mehr gestatten. Wie einfach ist ihr straffes Anspannen zur Hemmung der Bewegung. Am Kniegelenke sahen wir eine leise Abweichung der Gelenkhöcker von der normalen Gestalt hinreichen, die Seitenbänder bei der einen Stellung stärker als bei der anderen zu spannen und damit gewisse Bewegungen gestatten oder verbieten, je nach dem Zwecke einer jeden Gelenkstellung. Wir sehen damit die Beine, allen Regeln der Anatomie spottend, obwohl sie Tragsäulen des gesamten Körpers sein sollen, aus mehr oder weniger beweglichen Abschnitten bestehen, je nach Bedürfnissen bewegliche Stützen verwandelt oder im Zickzack gebogen, je nachdem sie zum Fortbewegen des Körpers dienen sollen.

Der Organismus wird hier wie überall von der Maschine dadurch charakterisiert, dass wir an ihm zwar eine strenge Gesetzmässigkeit im Allgemeinen überall bedauern, aber innerhalb dieser Gesetze an allen Orten die grösste Freiheit jeder Individualität Raum gebend. Bei den Maschinen der Mechanik sind wir gewöhnt die Vollkommenheit danach zu beurtheilen, wie genau nach Form, Lage, Masse die einzelnen Theile dem vorgeschriebenen Plan entsprechen. In dem Organismus finden wir nichts dergleichen, sondern nur einen äusserlichen Schematismus, der nur für oberflächliche Betrachtung zureicht.

Mit einer vollkommenen Erkenntniss des Baues der Bewegungsmaschine können wir ihre Leistungen auf einfache, mechanische Gesetze zurückführen lassen.

Der Gedanke, dass die Vorrichtungen des menschlichen Körpers unter die Gesetze der Mechanik fallen, dass sie auf mechanischem Wege zu Stande gekommen, ist nicht neu. Man hatte die Organismen mit Maschinen freilich sehr complicirter Art verglichen, man hatte versucht, Maschinen — Automaten —, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers ausführen, zu bauen, und zwar unverkennbar mit der Absicht, auf diesem Wege einen Einblick in das mechanische Problem des Lebens zu erhalten.

Die physiologische Physik wendete sich schon seit geraumer Zeit diesem Problem zu, und die einer mechanischen Erklärungsweise vor allen anderen thierischen Funktionen



zugänglich schienen. Noch immer ist aber für die Mehrzahl der Bewegungen des Körpers Erkenntniss nicht vollkommen erreicht.

Die zwei Hauptfunktionen der Beine; als Stützen und als Bewegungsorgane des Gesamtkörpers zu dienen, allein sind bisher in sehr vollkommener Weise in ihren mechanischen Geheissen erklärt worden. Es sind die Untersuchungen der Gebrüder WEBER über Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, denen wir diesen Fortschritt der Wissenschaft vor allem verdanken.

Unden wir unsere Aufmerksamkeit zuerst auf die Mechanik des Aufstehens. Es ergibt sich aus den Untersuchungen über diesen Gegenstand, die im Anschluss an die Untersuchungen der Gebrüder WEBER vor allem von H. MEYER ausgeführt sind, dass zum Zustandekommen eines natürlichen ungezwungenen Stehens fast einzig allein die mechanischen Einrichtungen der passiv bewegten Körpertheile des Skeletes genügen, sodass wir dieses Stehen als die aufrechte Ruhelage des menschlichen Körpers annehmen können. Dass es trotzdem nicht ganz ohne Anwendung aktiv bewegender Organe (Muskeln) — möglich ist, beweist, ausser dass nur der belebte Körper aufrecht gestellt werden kann, die Ermüdung, welche nach längerem Stehen eintritt und einen Aufwand von Bekandet.

Um Stehen ist es erforderlich, dass der Oberkörper auf den als steife Stützen wirkenden Beinen im Gleichgewichte getragen wird, dass also die senkrechte Linie, welche wir durch den Schwerpunkt des Körpers zur Unterstützungsfläche herab uns gezogen denken können, die Schwerlinie, innerhalb des von den Füßen umspannten Raumes hereinfällt.

Bei dem natürlichen Stehen, bei welchem diesen Bedingungen genügt ist, bilden die Beine nach vorne offenen Winkel von etwa 50°. Die Unterschenkel stehen parallel, die Oberschenkel stehen in der Verlängerung der Unterschenkel, sie bilden mit einander zwei stehende Säulen. Die Schwerlinie durch den Schwerpunkt des gesammten Körpers mit den Beinen, der nach ED. WEBER im Promontorium, nach MEYER im Kanal des 5. Sakralwirbels liegt, fällt nur wenig hinter die Drehaxe der Kniegelenke und nur wenig vor eine Linie, durch welche wir die Fussunterschenkelgelenke mit einander verbinden können. Der Schwerpunkt des Rumpfes allein liegt nach HORNER vor der Mitte des 5. Rückenwirbels, wenn die Arme am Rumpfe herabhängen, die Wirbelsäule gestreckt und der Kopf festgestellt ist. Eine durch ihn auf die Unterstützungsfläche gezogene Schwerlinie fällt ziemlich weit hinter die Drehpunkte der Hüftgelenke, weniger weit hinter die Drehpunkte der Kniegelenke. Dies rührt daher, dass der Rumpf im Hüftgelenke ziemlich stark hinten steht.

Die mechanischen Bedingungen dieser Stellung sind folgende.

Die Stellung im Hüftgelenke ist fixirt durch die Wirkung des Ligamentum ileofemorale (s. 108). Denken wir uns die Drehpunkte der Hüftgelenke durch eine horizontal von rechts nach links laufende Gerade verbunden, so stellt diese eine Axe dar, um welche der Rumpf vor- und rückwärts gedreht werden kann. Der Rumpf ist bei dem Stehen nach hinten geneigt, die Schwere wird ihn noch weiter nach hinten zu drehen bestrebt sein, diesem Neigungsbestreben wirkt das Ligamentum ileofemorale entgegen, welches sich bei der Rückdrehung anspannt und diese damit über einen bestimmten Grad hinaus bei feststehenden Beinen verhindert. So bildet vermittelst dieses Bandes der Rumpf mit den Oberschenkeln ein festes System, das auf den Unterschenkeln, auf den Kniegelenken balancirt. Der Schwerpunkt des Rumpfes mit den Oberschenkeln fällt etwas, aber nur sehr wenig, hinter die Drehaxe des Kniegelenkes, das sich während der Streckung mit möglichst breiten Flächen abstützt. Es genügen nur sehr geringe mechanische Einrichtungen, um dem geringen Zug der Schwere, welche wegen der Lage der Schwerlinie die Kniee zu beugen bestrebt ist, das Gleichgewicht zu halten. Auch hier wirkt vor allem Banderspannung, die Spannung des Ligamentum ileotibiale (der Fascia lata) und die Spannung des schon genannten Ligamentum ileofemorale. Das Ligamentum ileofemorale hält das Becken und die Oberschenkel in ihren richtigen Lagen fest, die sich bei der Beugung im Kniegelenke verändern müssen; das

Ligamentum iliotibiale spannt sich gegen eine Kniebeugung in ähnlicher Weise. Ligamentum ileofemorale bei der Rückwärtsbeugung des Rumpfes, sodass den Oberschenkeln in analoger Weise wie dort von diesem Bande gehalten werden.

Fig. 166.



S. Schwerpunkt des Rumpfes; e. v. die durch ihn senkrecht gezogene Schwerlinie; G. gemeinsamer Schwerpunkt; GL. Senkrechte Linie auf den gemeinsamen Schwerpunkt.

Alle die bisher besprochenen Muskeln des Rumpf mit den Beinen zu einem Ganzen verbinden, widersetzen sich der Beugung der Kniegelenke, da mit einer solchen Stellungsveränderung durch Bänderspannung äußere Gelenke müsstig. Eine Beugung im Fussgelenke wird durch die Lage der Schwammkörper, welche vor das Gelenk angestrebt. Einer solchen widersetzen sich die Gelenkflächen, indem bei der Beugung das breitere Ende der Astragalusrolle immer die Knöchel eingekeilt wird, sodass die Schenkelknochen, die sich bei der Streckung des Schenkels etwas um einander rotiren, die Rolle schräg umgreifen, stark an die Knie werden.

Die Art der Stellung der Füsse ist schon oben angegeben.

Nach der bisher gegebenen Darstellung des Aufrechstehens, die aufrechte Ruhelage, keiner äusseren Kräfte; das System des Körpers wird zu einem vergleichsweise statisch betrachteten Stellung. Das Gleichgewicht ist jedoch unter allen Umständen labiles; um der Stellung eine grössere Stabilität zu geben, werden auch noch äussere Mittel zur Feststellung der Gelenke verwendet.

Im Hüftgelenke ist die Stellung an sich stabil. Die Auswärtsrollung der Oberextremitäten, das Sicherstellen gegen weitere Beugung des Rumpfes besorgt der M. gluteus maximus. Im Kniegelenke wird die Spannung des Ligamentum patellare (der Fascia lata), an das sich der M. vastus maximus inseriert, durch die Kontraktion des Muskels verstärkt, sodass seine Stellung eine sicherere ist. In dem Fussgelenke wird die Stellung durch die Kontraktion der Wadenmuskeln (Mm. gastrocnemii) und der Unterschenkel zum Fuss laufenden Muskeln (peronei postici, soleus) gegen die Beugung gesichert.

Wir dürfen die Wirkung dieser Muskeln nicht unterschätzen. Sie haben nur die Aufgabe, die Störungen der an sich durch die Bänder schon gegebenen Gleichgewichtsstellung der einzelnen Körperabschnitte zu vermeiden und wieder herzustellen. Das Ungewichte des Körpers wird durch die mechanischen Einrichtungen des Körpers fast allein schon möglich gemacht.



Vie es uns möglich war, die Mechanik des Stehens abgesehen von eingehender Betrachtung der aktiv auf das Skelet wirkenden Kräfte zu verstehen, so wird uns das auch bei der wichtigeren Körperfunktion, auf welcher mechanische Hauptleistungen des menschlichen Körpers beruhen, gelingen, bei der Darstellung des Gehens und der verwandten Gänge.

Vir verstehen nach den Untersuchungen der Gebrüder WERER unter natürlichem Gange diejenige Gangart, bei welcher vermittelt seiner unteren Extremitäten mit möglichst geringem Kraftaufwande der menschliche Körper nahezu horizontal über einen ebenen Boden mit fast gleichbleibender Geschwindigkeit fortgetragen wird.

Hierbei wirken verschiedene Kräfte auf den Körper, von denen die einen beschleunigend, anderen verzögernd wirksam werden. Die erste ist die Schwerkraft, welche die vertikale Richtung gerichtete Geschwindigkeit beschleunigt, und die durch eine Kraft, welche in entgegen gesetzter Richtung den Körper stützt, äquilibrirt werden muss, um den Rumpf weder fallen noch sinken zu lassen. Die andere ist der Luftwiderstand, der die Bewegungen in der Richtung verzögert. Die dritte ist die Streckkraft je eines Beines, welche nicht nur den Widerstand überwindet, sondern auch die ganze Masse des Körpers vorwärts schiebt.

Die Bewegung eines Kahnens mit Hilfe einer Ruderstange auf stehendem Wasser kann uns ein Bild für einen Theil der Bewegungen abgeben. Der Schwerkraft, welche auf den Kahn wirkt, wird durch das Wasser das Gleichgewicht gehalten; bei dem Gehen übernimmt diese Funktion abwechselnd das eine Bein, auf das sich der Körper stützt. Die Ruderstange wird wie gegen den Boden angestemmt mit einer bestimmten Kraft, welche genügt den Kahn vorwärts zu schieben; diesen Theil der Arbeit übernimmt stets das zweite Bein, das gerade nicht stützt, sondern dient. So ist das Gehen je aus drei Abschnitten zusammengesetzt: aus zwei aktiven, Stützen und Fortstossen und aus einem passiven, der darin besteht, dass die Extremität, die eben nicht zum Fortstossen benutzt wird, sich durch gewisse Stellungsveränderungen ihrer Thätigkeit vorbereitet.

Das Mittel zur Ausführung der Bewegung ist die Streckung zweier in entgegengesetzter Richtung gebogener Gelenke, des Kniegelenkes und des Fussgelenkes, wodurch aus einem Winkel gebogenen ein gerader, also wesentlich längerer Stab erzeugt wird: auf dieser plötzlichen Längerung beruht das Vorwärtsschieben des Körpers (Fig. 467). Der Körper würde dabei nach hinten fallen, wenn nicht gegen Ende der Progression die zweite Extremität als Stütze sich gegen den Boden stellen würde. Beide Extremitäten arbeiten mit dem Tragen und Bewegen der Last, indem das Vorwärtsschieben stets nur von einem Beine aus erfolgt, also etwas von einer Seite her, während der Stoss den Körper nicht nur vorwärts, sondern auch etwas zur Seite bewegen, wenn nicht durch den Arm auf der Seite des fortstossenden Beines der Arm vorwärts tiefe und damit den Schwerpunkt des Körpers nach dieser Seite verschöbe.

Bei dem Gehen schwebt stets ein Bein am Rumpf hangend in der Luft — das passive Bein — während das andere — das aktive — auf dem Boden angestemmt ist.

Es giebt bei jedem Schritt einen Moment, wo ein Bein senkrecht etwas gebeugt unter dem Schwerpunkt des Rumpfes steht; das andere Bein ist dann ziemlich weit nach hinten und zwar kommen in allen seinen Gelenken gestreckt

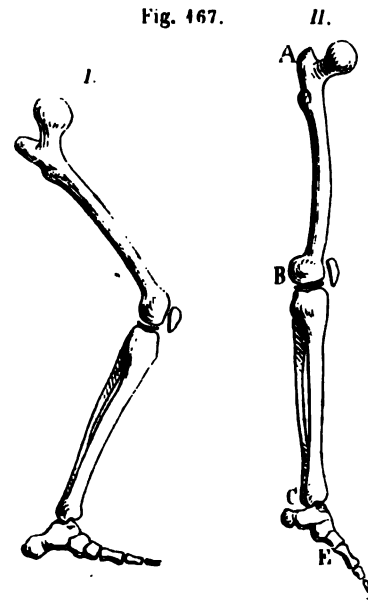
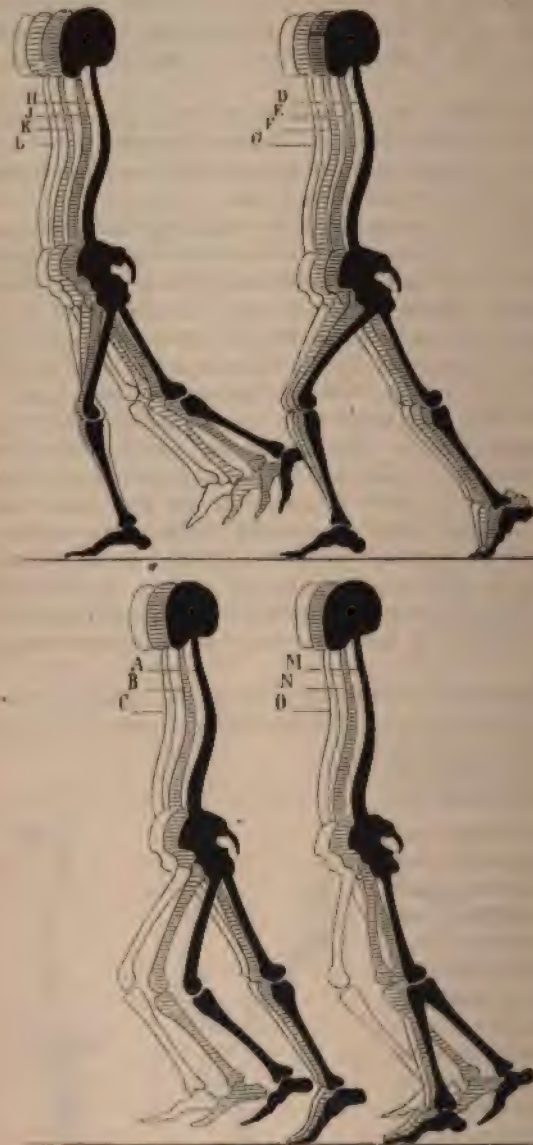


Fig. 168.



Stellt nach Wenn die gleichzeitige Lage eines Beines für den Zeitraum eines Schrittes dar. Der Uebersicht wegen sind diese Lagen in 4 Gruppen getrennt worden. Die erste Gruppe: *DEFG* stellt die verschiedenen Lagen dar, welche beide Beine, während sie beide auf dem Boden stehen, gleichzeitig erhalten; die zweite Gruppe: *HJKL* die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit erhalten, wenn das aufgehobene Bein hinter dem stehenden weit zurück ist; die dritte Gruppe: *MNO* die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit annehmen, wenn das schwingende Bein das stehende überholt; die vierte Gruppe die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit erhalten, wenn das schwingende Bein dem stehenden weit vorausgerückt ist. An diese Stellung schließt sich zum zweiten Schritt wieder die erste Gruppe: *DEFG* an.

und berührt nur noch Zehenballen — den Köpchen — den Boden, so die beiden Beine auf dem Boden, auf dem sie ein rechtwinkliges Dreieck bilden. Die Hypotenuse stellt das hintere, die eine Kathete recht unter dem stehenden Bein, die Verbindungslinie der beiden Beine am Boden dar.

Das senkrecht stehende Bein hat bei dem nun folgenden Schritt die Projektion des Körpers zu nehmen. Es nimmt dann nach vorwärts gerichtet und verlängert sich, die Körper in seinen Gelenken würde dadurch vorwärts fallen müssen, das andere Bein *B* in die Lage gleichfalls entfallen, soweit vorgerückt, wenn nun senkrecht, etwas unter dem Schwerpunkt käme. Es übernimmt die Thätigkeit, welche *A* verrichtete, und es beginnt. In dem Augenblicke der höchsten Streckung löste sich nämlich *A* vollkommen los, von der leichtesten Beugung in der Hüfte etwas verkürzt, eine Pendelschwingung, die Hüftgelenke nach senkrecht unter dem Schwerpunkt, dessen Projektion darstellen muss. Bei der des projicirenden Beines wie angegeben, nicht sondern auch das Fuß streckt; dadurch wird vom Boden abgehoben, ruht dann nur noch auf den Ballen; endlich erhebt diese, sodass nur die Pendelschwingung, die noch mit dem Ballen, Zehen den Boden berührt. Gebrüder Wasmann



Abwickeln des Fusses vom Boden mit der Bewegung des Fortrollens eines Rades (68).

Das passive Bein macht also, während das aktive die Projektion ausführt, eine Pendelbewegung nach vorwärts. Es ist dieses Faktum von besonderer Wichtigkeit, da diese Ortsbewegung des passiven Beines, um als Unterstützung zu dienen, demnach ganz ohne Aufwand von Muskelkräften geschieht. Dadurch werden zwei Vortheile zugleich erreicht, eine bedeutende Kräftersparniss und eine vollkommene Regelmässigkeit der Schritte. Das Gewicht des Beines durch den Luftdruck im Hüftgelenke fast vollkommen genau kompensirt ist, so kann es ungestört ziemlich vollkommene Pendelschwingungen ausführen. Eben in Folge davon die Schritte unter dem Einfluss der Pendelgesetze vor sich gehen. Die Pendelschwingungen nehmen mit der Kürze des Pendels an Schnelligkeit zu, ebenso die Schwingungen der Beine, sodass sich daraus die gravitatischen Gehbewegungen grosser Menschen erklären, wie die Beweglichkeit der kleinen.

Die Schrittweite ist, wie sich aus direkter Anschauung ergibt, um so bedeutender, je tiefer das aktive Bein vor Beginn seiner Projektionsthätigkeit gebeugt war, also je tiefer der Rumpf beim Gehen getragen wird. Auch die Fusslänge ist von Einfluss, da sich beim Vorgang der Abwicklung des Fusses vom Boden vor dem Eintritt der Pendelbewegung der Fuss der Schrittweite hinzuaddirt. Je länger der sich abwickelnde Fuss ist, desto grössere Länge wird dem Schritte dadurch hinzugefügt.

Wir sahen, dass es einen Zeitpunkt giebt, während dessen beide Beine bei dem Gehen den Boden berühren. Dieser Zeitraum kann bei dem geschwindesten Gehen fast vollkommen Null werden, sodass der gestreckte Fuss in demselben Augenblick zu pendeln beginnt, in dem andere nach seiner Schwingung niedergesetzt wurde.

Die Streckung des aktiven Beines ist selbstverständlich nur mittelst äusserer auf das wirkender Kräfte möglich. Sie werden durch den vierköpfigen Streckmuskel des Oberschenkels und durch den Wadenmuskel und *Musc. soleus*, die den Fuss strecken, ausgeführt. Bei der aktiven Beugung des Beines, um die Pendelschwingung möglich zu machen, wirkt der Wadenmuskel, der das Knie etwas beugt.

Der Rumpf, welchen der Luftwiderstand stets in seiner Vorwärtsbewegung verzögert, ist etwas nach vorwärts geneigt, und zwar um so mehr, je rascher die Gangbewegung ist. *Meyer* hat auch die Mechanik des Sitzens mit Rücksicht auf die für die Gesundheitspflege wichtige Schulbankfrage einer genaueren Analyse unterzogen.

*Meyer* nennt die ideale Linie, mit welcher wir die beiden Sitzbeinhöcker verbinden können, die Sitzhöckerlinie. Diese Linie ruht zunächst immer bei dem Sitzen auf dem Sitze. Um dem Sitze mehr Festigkeit zu verleihen, stützt sich der Körper ausser auf die Sitzhöckerlinie noch auf weitere Punkte, welche entweder vor oder hinter der betreffenden Linie liegen. Je nach der Lage dieser accessorischen Berührungspunkte vor oder hinter der Sitzhöckerlinie wird auch die Schwerlinie des Rumpfes entweder vor oder hinter diese Linie fallen. *Meyer* unterscheidet danach zwei Sitzarten, die eine als vordere, die andere als hintere Sitzlage. Die beiden Sitzbeinhöcker, *Tubera ischii*, sind an ihrer Oberseite, mit der sie auf dem Sitze aufliegen, konvex gekrümmt, sodass der Oberkörper auf dem Sitze wie ein Schaukelpferd auf seinen Kufen sich vor- und rückwärts rollen kann.

Bei der vorderen Sitzlage ruhen ausser der Sitzhöckerlinie auch noch die Schenkel auf dem Sitze auf, es entsteht dadurch eine breite (viereckige) Basis für den Rumpf. Bei der hinteren Sitzlage berühren die Schenkelunterflächen den Sitz nicht, hier berühren nur die Füsse, wo sie den Boden berühren, die accessorischen Stützpunkte; auch auf dem Boden entsteht eine breite (viereckige) Basis. Die Schwerlinie fällt dabei normal stets auf die Sitzhöckerlinie, der Rumpf neigt sich etwas vor, um so mehr, je niedriger der Sitz ist. Seine aufrechte Stellung muss durch Muskelaktion erhalten werden. Bei übermüdeten Menschen fällt bei dieser Sitzlage der Kopf schliesslich auf die Kniee (Nicken der im Sitzen schlafenden). Die Muskeln, welche das Vorfällen des Rumpfes, welches schon in etwas die Bewegung der Sitzhöcker auf ihrer Unterlage erschwert, verhindern, sind die gespannten

Beugemuskeln des Kniegelenkes, welche vom Tuber ischiü entspringen. Der B ist mehr passiv. Die Kürze dieser Muskeln verhindert bei gestreckter Lage des Kniegelenkes eine stärkere Vorbeugung im Hüftgelenke: noch stärker wirkt in dieser Lage das Uebereinanderschlagen der Beine. Aktiv halten den Rumpf die Streckmuskeln des Hüftgelenkes aufrecht, deren Ermüdung wir auch bei längerem Sitzen vor allem fühlen.

Die durch anhaltendes Sitzen erfolgenden Störungen sind für Kinder vor allem die entstehende Neigung zu Verkrümmung der Wirbelsäule (Skoliosen). Durch die Sitzecke wird, am stärksten bei muskelschwachen, jugendlichen Individuen, der Rumpf konvex nach vorne gebeugt. Diese Beugung kann entweder aktiv durch die Streckmuskeln des Rumpfes vermieden werden, die bei Geradesitzen darum müde werden, oder passiv, indem wir dem Rumpfe eine stützende Unterlage durch die Ellbogen auf eine hohe Stuhllehne oder den Tisch ertheilen. Ist der Stuhl sehr niedrig, der Tischrand hoch, so müssen zum Zwecke des Aufsitzens die Schultern sehr hoch gehoben werden. Man stützt sich dann wohl nur mit einem (dem rechten) Ellbogen auf die Stuhllehne, während der andere Ellbogen herabhängt, die dazu gehörige Schulter. Es leuchtet ein, wie durch eine solche einseitige Belastung bei jugendlich bildsamem Knochengerüste, eine seitliche Wirbelsäulenverkrümmung entstehen muss; die Wirbelsäule ist bei der betreffenden Haltung nicht unbedeutend nach rechts ausgebogen.

Die (natürliche) hintere Sitzlage benutzt als hinter der Sitzhöckerlinie accessorischen Stützpunkt die Spitze des Kreuzbeins. Dabei bekommt der Rumpf eine bedeutende Beugung nach hinten. Wollen wir in dieser Sitzlage an einem Tische sitzen, so muss sich der Rumpf stark nach vorne konvex überbiegen, woraus der oben erwähnte Uebelstand in erhöhtem Maasse eintreten muss. Dadurch, dass man dem Stuhl eine Lehne giebt, an welche sich der Rumpf mit dem letzten Lendenwirbel oder mit der Spitze der Hüftbeine schon bei geringerer Beugung lehnen kann, ehe die Spitze des Kreuzbeines den Sitz berührt, kann diese (künstliche) hintere Sitzlage zu einer höchst angenehmen gemacht werden. Doch müssen auch hier noch die Lenden in aufrechter Stellung der Wirbelsäule erhalten. Durch Hintenüberbeugungen entspannen wir diese Muskeln vollkommen erschaffen, daher das wohlthätige Gefühl der Ruhe nach langem Sitzen. Die kurze Rücken- (Kreuz-) Lehne lässt die betreffenden Muskeln wenig ermüden. Sie gestattet dabei die grösste Beweglichkeit des Rumpfes, zeitweiliges Aufstützen der Ellbogen, um auch die Wirbelsäulenmuskulatur zu entspannen lassen. Die hohe gerade Lehne ist unzweckmässig, weil sie den am meisten stützenden Punkten des Rumpfes keine Unterstützung gewährt; es tritt bei Ermüden ein (konkaves) Zusammenknicken der zwischen den weit aus einander liegenden gelegenen Theile der Wirbelsäule ein, in vielen Fällen mit einer Tendenz zur Rutschung.

Meyer räth, vor allem die (künstliche) hintere Sitzlage mit der kurzen Rückenlehne zum Sitzen an Arbeitstischen und Schulbänken zu verwenden, dabei aber der Stuhl dem Tische sehr nahe stehen, und letzterer so niedrig sein, dass ohne Erhebung der Schulter ein Auflegen der Ellbogen gestattet. Auf diese Weise ist einer der Hauptgründe für an der Schulbank erworbene Wirbelsäulenverkrümmungen beseitigt.

Wir haben damit den Bau und die Bewegungsmöglichkeiten der menschlichen Maschine unserer Betrachtung unterworfen und unser Augenmerk zugleich auf die Hauptbewegungen des Körpers selbst gerichtet. Offenbar ist die Ortsbewegung die wichtigste Thätigkeit des ganzen Körpers, ihr ist die Hauptsumme der Organe, des gesammten Körpers gewidmet. Staunenswerth ist die Einfachheit des Baues, sowie der Hilfsmittel, durch welche so kraftvolle und geschwinde Bewegungen geführt werden können mit so geringem Aufwande äusserer Bewegungskräfte. Die Natur des Menschen sind für die Ortsbewegung so zweckmässig eingerichtet, dass er



haben durch keine andere Art der Kräfteerzeugung mehr zu leisten vermag als durch ihre Anwendung zu diesem Zwecke. So wird uns das überraschende Resultat der Tabelle klar, mit der wir unsere Besprechungen dieses Kapitels begannen, dass der Mensch am Tretrade so weit mehr Arbeit zu leisten vermag als an der Kurbel. Im ersteren Falle ist die Arbeit vorzüglich den unteren Extremitäten übertragen, und zwar leisten sie diese in der für sie am vortheilhaftesten erkannten Weise der Lokomotion des Körpers.

Es ist nicht schwer sich einen Begriff davon zu machen, in welcher Weise durch Ortsbewegung des Körpers Arbeit geleistet wird.

Nehmen wir z. B. an, ein Mann von 70 Kilogr. Körpergewicht habe einen Berg von 2000 Meter erstiegen, so heisst das offenbar Nichts weiter, als dass er sein Gewicht von 70 Kilogr. auf die angegebene Höhe gehoben habe, d. h. er hat 140000 Kilogramm-meter Arbeit geleistet. Diese Arbeitsgrösse würde auf das Doppelte steigen, wenn er eine Last, die seinem Körpergewicht gleich wäre, mit sich auf dem Rücken emporgetragen hätte; sie würde seine Arbeitsleistung an der Kurbel weitaus übertreffen: 184320 : 280000. Bei der Leistung im Tretrade kommt noch eine Arbeit der oberen Extremitäten hinzu, wodurch dieselbe so hoch steigert wird: 345600.

Die Gebrüder WERNER geben eine Formel an, nach der die bei dem Gehen auf horizontalem Wege geleistete Arbeit für einen erwachsenen Körper berechnet werden kann.

Danach berechnete ich für einen Mann die Arbeitsleistung für eine Stunde Weges auf horizontalem Boden auf 25000 Kilogramm-meter. In 8 Gehstunden würden somit etwa 200000 Kilogramm-meter Arbeit durch die Ortsbewegung des Körpers geleistet, etwa die gleiche Grösse wie sie in der citirten Tabelle für den Göppel verzeichnet ist.

## Stimme und Sprache.

### Die Wirkung der Stimmbänder.

Es finden sich Wirkungen animaler, quergestreifter Muskeln im menschlichen Organismus, welche Nichts mit der Gesamtarbeitsleistung zu thun haben. Wir finden schon an anderen Orten Gelegenheit, von den Bewegungen und Verrichtungen einiger derselben z. B. des Herzens, der Schlundmuskeln etc. zu sprechen. Es liegt es uns noch ob, die Leistung der Kehlkopf- und Zungenmuskeln zu betrachten, auf der eine der wesentlichsten menschlichen Eigenschaften: das Vernehmen artikulierte Laute und musikalische Töne hervorzubringen, beruht.

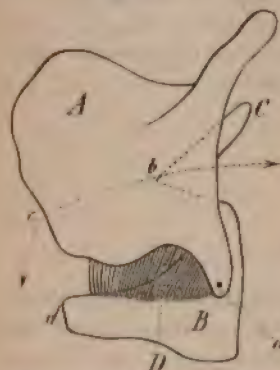
Das Stimmorgan, das musikalische Instrument des Menschen, liegt im Kehlkopf. Sowohl Beobachtungen an lebenden Menschen als an ausgeschnittenen Köpfen, zeigen deutlich, dass die Stimme in der Stimmritze gebildet wird. Findet sich eine Oeffnung in der Luftröhre eines Menschen oder macht man eine solche bei einem Säugethier zu Behuf des Versuches, so kann keine Stimme mehr gebildet werden; diese Fähigkeit kommt zurück, sowie man die Oeffnung verkleinert. Eine Oeffnung über der Stimmritze hebt dagegen die Stimme nicht kommen auf; der Kehldedeckel, die oberen Stimmbänder können fehlen, und es ist noch Stimme vorhanden. Legt man die Stimmritze an lebenden Thieren an, so kann man sich leicht davon überzeugen, dass die unteren Stimmbänder, ehe die Stimmritze einschliessen, bei dem Tonangeben in Schwingungen geraten. Die Entdeckung des Kehlkopfspiegels erlaubt es, die Stimmbänder während des normalen Organismus während ihrer Funktionen zu beobachten; man erkennt, dass sie bei dem Stimmgeben Schwingungen machen, die je nach der

Stärke und Höhe des Tones an Intensität und Geschwindigkeit verschieden. Namentlich bei tieferen Brusttönen sind ihre Schwingungen sehr ausgeprägt. Oft ihre Bänder nach innen schlagen, wird die Stimmritze ganz eng geschlossen.

Nach JOHANNES MÜLLER's bei den deutschen Gelehrten allgemein angenommener Lehre sind die unteren Stimmbänder (Lig. thyreoarytaenoides inferior) mittelst ihrer Schwingungen, die sie unter der Wirkung des Ex-, unter den auch des Inspirationsluftstromes von ihren eigenen elastischen Kräften ausführen, das eigentlich Wesentliche bei der Tonerzeugung. Es ist der Kehlkopf ein membranöses Zungenwerk, die Stimmbänder sind die Zungen. Wird ein genügend starker Luftstrom gegen diese Zungen gedrückt, versetzt er diese in Schwingungen, welche zur Tongebung Veranlassung geben können.

Diese Stimmbänder sind mit der hier Pflasterepithel tragenden Schleimhaut des Kehlkopfes überzogen, zwischen dem Schildknorpel und den Giessknorpeln ausgespannt. Die Spalte, welche sie von einander trennt, wird

Fig. 169.



Seitenansicht des Kehlkopfes. A Schildknorpel. B Ringknorpel. C rechter Giessbeckenknorpel; b sein Stimmfortsatz, b c Stimmband. Der Zug auf den Schildknorpel in der Richtung des Pfeiles c spannt das Stimmband an, wenn die Giessknorpel fixirt sind. Ist ersteres fixirt, so kann auch der Zug in der Pfeilrichtung b das Stimmband spannen. a. Drehungsaxe des Ringknorpels. D. Musc. cricothyreoideus.

haben hauptsächlich die Form der Stimmritze zu bestimmen.

Die Stellungsveränderungen des Schildknorpels (Fig. 176) besorgen die Muskeln des Kehlkopfes, wenn die Giessbeckenknorpel festgestellt sind. Die Muskeln ziehen das obere Band des Schildknorpels zum Ringknorpel zu. In den Stimmbändern selbst verlaufen die Muskeln des Kehlkopfes, sie setzen sich an die Giessbeckenknorpel an und wirken so, dass sie die obere Kante des Schildknorpels nach hinten ziehen, in entgegengesetzter Richtung, sie spannen die Stimmbänder ab und verkürzen sie durch Kontraktion. Dabei scheint auch eine ungleiche Spannung der Stimmbänder

ihrem vorderen Theil als eigentliche Stimmritze (Glottis vocalis) bezeichnet; der Theil des Kehlkopfes, welcher sich zwischen den beiden Giessknorpeln fortsetzt, trägt den Namen A (Glottis respiratoria), Bezeichnungen und Funktionen der einzelnen Abschnitte des Kehlkopfes zu erläutern.

Die Länge und Spannung der Stimmbänder hängt von der Entfernung ihrer Endpunkte ab, welche durch Stellungsveränderungen des Schildknorpels gegen den Ringknorpel verändert werden kann. Durch Drehung des Ringknorpels um seine Queraxe bei fixirten Giessbeckenknorpeln wird der vordere Theil des Schildknorpels dem hinteren Theile des Ringknorpels mehr oder weniger genähert werden, wodurch sich der vordere Theil des Kehlkopfes, welchem die Stimmbänder sich ansetzen, mehr oder weniger vorn oder hinten bewegt und die Bänder mehr oder weniger abgespannt werden können. Durch Drehung des Giessbeckenknorpels um eine horizontale Drehungsaxe des Schildknorpels senkrecht zu seiner Ebene können sie entfernen dadurch die hinteren Enden der Stimmbänder mehr oder weniger von einander.

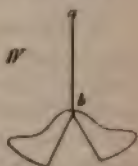
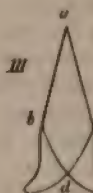
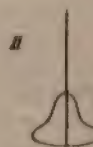


zu können, da ein Theil der Fasern am Stimmbande selbst entspringt. Bei Kontraktion werden die Theile des Stimmbandes abgespannt werden, in welche solche Fasern verlaufen, die anderen dagegen angehängt. Ihr Ansatz an die Giessbeckenknorpel ist so, dass ein jeder Fasern den äusseren Rand derselben umgreift; bei Kontraktion müssen demnach dadurch die äusseren Ränder nach innen gezogen werden; die inneren Ränder (Proc. vocales) stossen endlich zusammen, sodass die eigentliche Stimmritze nun vollkommen verschlossen ist, während die Luftröhre eine dreieckige Oeffnung bildet mit der Spitze gegen die Stimmritze zugewendet (No. IV). Analog wirken die Musc. cricoarytaenoidei laterales, welche die Proc. musculares der Giessbeckenknorpel nach abwärts, vorn und aussen ziehen, und die Proc. vocales gegen einander gerückt werden. Im entgegengesetzten Sinne wirken die an dem unteren hinteren Ende (dem Proc. muscularis) der Giessbeckenknorpel angreifenden Musc. cricoarytaenoidei postici, sie ziehen die äusseren Ränder nach hinten und abwärts, nähern die beiden Proc. musculares einander, bis sie zusammenstossen, ziehen die beiden Proc. vocales von einander ab, sodass dadurch die Stimm- und Athemritze eine gemeinsame weite, rautenförmige Oeffnung darstellt (No. III). Ein vollkommener Verschluss der Athem- und Stimmritze, z. B. vor dem Husten, wird durch die gleichzeitige Wirkung der Thyreoarytaenoidei und der Interarytaenoidei, des Transversus und des Musculus hervorgebracht, indem sie die ganze Pyramide der Knorpel zusammenziehen, sodass gleichzeitig Muskel- und Knorpelsätze einander genähert werden (No. II).

Das menschliche Stimmorgan gehört seiner akustischen Einrichtung nach zu den Zungenwerken. Im Kehlkopf sind die unteren Stimmbänder als membranöse Zungen durch das Trachealgewebe gespannt, Bronchien, Luftröhre und der untere Theil des Kehlkopfes fungiren als »Windrohr« des Instrumentes, durch sie wird den membranösen Zungen der Luftstrom zugeleitet, die sie in Schwingungen versetzt. Der obere Theil des Kehlkopfes, die Rachen-, Mund- und Nasenhöhle dienen als »Ansatzrohr«.

Die Tonerzeugung in den Zungenwerken (HELMHOLTZ) geschieht dadurch, dass durch den Luftstrom elastische Platten oder Bänder in schwingende Bewegungen versetzt werden, so sie die Oeffnung, in der sie befestigt sind, bald schliessen, bald frei lassen. Die Zunge ist dabei nur die Veranlassung, nicht die Ursache des entstehenden Tones. Sie zerfällt den Luftstrom, der ohne sie ununterbrochen gegangen wäre, in eine Reihe periodisch wiederholender Bewegungen, durch die unser Ohr den Eindruck des Tones erhält. Man studirt die Einrichtung der membranösen Zungen am einfachsten an hölzernen Röhren, deren oberes Ende man von zwei Seiten her so schräg abgeschnitten hat, sodass zwei etwa rechtwinkelige Flächen zwischen den beiden Schnittflächen stehen bleiben. Ueber die beiden Abdachungen spannt man je ein Streifchen von vulkanisirtem Kautschuk und befestigt sie mit Nägeln, zwischen beiden elastischen Streifen bleibt ein feiner Spalt. Biegen sich die Streifen nach innen, so verschliessen sie, biegen sie sich nach aussen, so öffnen sie den Spalt. Zwei musikalische Instrumente der Art sind die menschlichen Lippen beim Sprechen der Blechinstrumente und der menschliche Kehlkopf im Gesang und

Fig. 170.



bei der Vokalbildung. Die Lippen sind beim Anblasen der Blechinstrumente als elastische mit viel unelastischem Gewebe belastete membranöse Zungen zu betrachten, isolirt verhältnissmässig sehr langsam schwingen würden. Der Kehlkopf entspricht oben erwähnten Modell sehr genau, doch haben seine beiden Zungen die Stimmritze allen künstlichen den Vorzug voraus, dass die Weite ihres Spaltes, der Stimmritze, Spannung und selbst ihre Form willkürlich ausserordentlich sicher und schnell verändert werden kann. Dazu kommt noch die grosse Veränderlichkeit des durch die Mundhöhle gebildeten Ansatzrohres, sodass eine viel grössere Mannichfaltigkeit von Klang hervorgebracht werden kann, als durch irgend ein künstliches Instrument. Die willkürliche Spannung der Stimmbänder verändert und bestimmt die Höhe der Stimme. Die mit dem Kehlkopf verbundenen Lufthöhlen können den Ton der Stimmbänder beträchtlich verändern, auch das Ansatzrohr der Mundhöhle ist dazu zu kurz und weit geöffnet. Durch willkürliche Spannung der in den Stimmbändern gelegenen Fasern scheint auch die Dicke der Stimmbänder sich verändern zu können. Nach dem eigentlich elastischen Theil der Stimmbänder liegt noch viel weiches, nachgiebiges Gewebe, welches bei der Bruststimme wahrscheinlich als Belastung der elastischen Theile eine Rolle spielt und ihre Schwingungen verlangsamt. Die Fistelstimme entsteht scheinlich umgekehrt dadurch, dass die Ränder der Stimmbänder freier und scharfer werden, indem die unter ihnen gelegene Schleimhautmasse zur Seite gezogen wird. Dadurch das Gewicht der schwingenden Theile vermindert, die Elasticität bleibt dieselbe. Die Heiserkeit der Stimme bei Erkältung rührt von Schleimflocken her, welche in der Stimmritze gerathen und den Verschluss und die Schwingungen der Stimmbänder unregelmässig machen. An dem Modell ist leicht zu demonstrieren, dass die membranösen Zungen, entsprechend der Weite der Stimmritze, von Einfluss auf die Höhe der Töne sind. Nur wenn die Spalte eng ist, gelingt die Töne leicht, bei weiteren Spalte muss das »Anblasen« verstärkt werden. An dieser Stelle ist die HELMHOLTZ'sche Lehre von den Tönen und Klängen als bekannt vorausgesetzt (cf. G.

In Beziehung auf die Schwingungen der gespannten Stimmbänder gelten, wie oben Gesagtes sich ergibt, im Allgemeinen dieselben Gesetze, die sich bei gespannten Saiten geltend machen. Wie bei letzteren ist die Schwingungszahl der Länge und des Querschnitts umgekehrt proportional, sie ist direkt proportional der Quadratwurzel des Gewichts oder der Spannung, und umgekehrt proportional der Quadratwurzel der Dichtigkeit. Bei Saiten von verschiedenen Durchmessern und Dichtigkeiten gilt das Gesetz, dass die Schwingungszahl der Quadratwurzel des Gewichtes der Saite umgekehrt proportional ist. Stärkeres Anblasen steigert bei den membranösen Zungen die Tonhöhe (L. M.) durch die grösseren Exkursionen, welche die schwingenden Platten ausführen, hervor, und erhöht wird.

Die Quantität der Bewegung, welche die schwingenden Stimmbänder selbst ausführen, ist zu gering, als dass sie als Schall beobachtet werden könnte. Es sind also nur die rasch sich folgenden periodischen Luftbewegungen, die wir vernahmen. Die schwingenden Saiten müssen, wenn sie als Tonquelle benutzt werden sollen, mit einer grösseren Oberfläche, Resonanzboden verbunden werden, die ihre an sich raschen Schwingungen aufnehmen und der umgebenden Luft mittheilen. Daher wird das Tönen der Harfe, des Klaviers, der Guitarre oder Violine hauptsächlich von dem Resonanzboden des Instrumentes bestimmt.

Das Material der Zungen beeinflusst die Klangfarbe der durch sie erzeugten Klänge. Hartes unnachgiebiges Material, wie das der Messingzungen, lässt die Töne mehr abgerissen hervortreten als weiches, nachgiebiges. Je kürzer die Luftstosse, die durch die Zungen eintreten, desto mehr hohe, dissonirende Obertöne treten hervor. Dies ist wahrscheinlich hauptsächlich der Grund, warum unter allen Klängen von Zungen menschlichen Gesangstöne gut gebildeter Kehlen sich durch Weichheit auszeichnen.



besonders bei angestrengtem Forte auch bei der menschlichen Stimme eine sehr grosse obere Obertöne auf (cf. Vokale).

Essential verändert wird der Klang der Zungen durch die Ansatzröhren. Freie Zungen geben einen scharfen, schneidenden Klang, man hat ein Gewirr dissonirender Obertöne bis sechszehnten, zwanzigsten und höher hinauf. Durch das Anbringen eines Ansatzrohres diejenigen Obertöne, welche eigenen Tönen des Ansatzrohres entsprechen, beträchtlich verstärkt hervor, die übrigen werden weniger hörbar, ihre Wirkung tritt zurück oder windet.

### Die Klangbildung im Stimmorgane.

Die Hervorrufung musikalischer Schwingungen der Luft bedürfen die Stimmorgane vor allem eine gewisse Spannung; wie ungespannte musikalische Saiten geben sie ausserdem keine Töne, sondern nur Geräusche von sich. Der Grad der Spannung sowie die Länge der schwingenden Membran bedingen die Höhe des erzeugten Tones, wobei auch die Stärke des Anblasens mitwirkt. Bei übermässiger Spannung von dem Kehlkopf erzwungenen Tönen bedarf es zur Hervorrufung dieses Tones eines Mittels, sodass diese nur forte angegeben werden können. Da das Anblasen so stärker werden kann, je enger die Stimmritze ist, so zeigt sich diese bei hohen und höchsten Tönen verengt, die Athemritze geschlossen. Der Druck in der Luftröhre (Cagniard-Latour) nimmt mit der Tonhöhe zu. Die Stimmblätter können zur Erzeugung höherer Töne auch verkürzt werden, wie aus den Besprechungen der Muskelwirkung ergiebt. Je kürzer die Stimmblätter an sich sind, desto höher ist die natürliche Tonalität des Kehlkopfes, so auch bei Kindern und Frauen, die einen kleineren Kehlkopf und damit auch kürzere Stimmblätter haben, höhere Stimmen als bei Männern.

Die Gestalt und Länge der die Stimmblätter umgebenden Gebilde, des Kehlkopfes und Ansatzrohres ist die Tonhöhe des Kehlkopfes unabhängig. Man kann über den Stimmblättern Gelegene am Kehlkopf entfernen, ohne die Tonhöhe zu ändern. Garcia hat aber gezeigt, dass mit zunehmender Tonhöhe die oberen Stimmblätter sich etwas einander nähern, der Kehlkopfdeckel legt sich dabei mehr über den Kehlkopfeingang hinweg. Es scheint sonach, dass sich diese Stimmblätter an der stärkeren Stauung der Luft in den Luftwegen, die zur Hervorrufung hoher Töne erforderlich ist, betheiligen. Dabei steigt der Kehlkopf im Kehlkopf etwas in die Höhe.

Die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln ist bei dem Erzeugen musikalischer Töne im Kehlkopf eine sehr mannichfaltige. Wir sehen fort und fort die Spannung der Blätter, ihre Länge, ihre Stärke des Anblasens in ihren Wirkungen sich compensiren, sodass derselbe Ton forte und piano wechselweise, oder stark an- und abschwellend gesungen werden kann. Es muss dabei je nach der Stärke des Anblasens die Blatterspannung eine verschiedene sein. Bei Erzeugung der höchsten Töne steht dem Kehlkopf noch ein weiteres Reglement Gebote, welches Töne von wesentlich anderer Klangfarbe liefert, als die gewöhnlichen: die Fistelstimme. Die Stimmritze ist bei dieser Art der Tonbildung weiter geöffnet, die Stimmblätter sind sehr stark gespannt, wie schon die subjektive Empfindung der Anstrengung bei der Erzeugung von Fistelstimme lehrt.

Die die Stimmritze umgebenden Organe üben durch ihre Resonanz Einfluss auf Klang und Stärke des Tones aus, der sich je nach der Stellung der Theile ändern kann (bei der Vokalerzeugung). Auch die Brustwandungen, die Lungen und der Luftröhre eingeschlossene Luft theilhaftig sich durch an der Tonerzeugung. Bei der sogenannten Bruststimme, dem gewöhnlichen Stimmregister ist die Resonanz der Brust als *Fremitus pectoralis* zu fühlen. Bei der Fistelstimme schwingen vor allem die Organe der Mund- und Nasenhöhle in ihnen enthaltene Luft mit, wodurch die Bezeichnung Kopfstimme gerechtfertigt wird.

Je nach der Grösse des Kehlkopfes ist der musikalische Stimmumfang verschieden. Gewöhnlich beträgt er zwei bis zwei ein halb Oktaven. Die Sopranstimme liegt höher als die Männerstimme. Der Bass geht, nach der Hensen'schen Bezeichnung, gewöhnlich von *F* (80 Schwingungen in der Sekunde) (342); der Tenor von *c* (128) bis *c<sup>II</sup>* (512); der Alt von *f* (171) bis *f<sup>I</sup>* (684); der Sopran von *c<sup>I</sup>* (256) bis *c<sup>III</sup>* (1024). Der Gesammtumfang der menschlichen Stimme umfasst danach beinahe 4 Oktaven. Diese Grenzen werden aber nicht nur durch die Fistelstimme, sondern auch noch in vielen Fällen durch die Bruststimme überschritten. Die Töne zwischen *c<sup>I</sup>* bis *f<sup>I</sup>* haben alle Stimmcharaktere, aber mit sehr verschiedener Klangfarbe.

### Die Sprechstimme.

Während die Töne allein mit Hilfe der Stimmbänder erzeugt werden, so kommen bei der Erzeugung der Geräusche und Töne, aus denen die Sprache besteht, auch die Mundtheile mit, in manchen Fällen bei der flüsternden Sprache sie allein. Die einzelnen Sprachgeräusche, Laute oder Buchstaben werden sowohl durch ein- als ausströmende Athemluft erzeugt, während die beweglichen Theile der Mundhöhle — in manchen Fällen auch der Nase, die Lippen, die Zahnräume, die Kiefern, die Zunge, der Gaumen bestimmte Stellungen eingenommen haben. In der Mehrzahl der Fälle hat die Sprache einen Klang, sie ist laut, weil auch die Mundorgane auch die Kehlkopforgane, besonders die Stimmbänder mit zur Tonerzeugung benützt werden. Doch kann unter Umständen der Stimmapparat unthätig bleiben: die Flüstersprache ist bei weit geöffneter Stimmritze, bei der nur das Ziehen der Luft möglich, wobei die Stimmbänder nicht in Schwingung kommen.

Die einzelnen Komponenten der Sprache: die Laute unterscheiden sich dadurch, dass die einen, die Konsonanten, reine, undefinirte Geräusche sind, während die anderen, die Vokale, den Charakter von Klängen haben. Diese werden bei der Flüstersprache in der Mundhöhle selbst produziert. Bei der lauten Sprache mischen sich denselben noch in den Stimmwerkzeugen Geräusche bei. Doch üben auch hierbei die eigentlichen Sprachwerkzeuge einen bestimmenden Einfluss aus, sie charakterisiren den Laut; es können alle Laute demselben Ton, jeder in den verschiedensten Tönen, gesprochen und gehört werden, ohne dass sie ihre Erkennlichkeit einbüßen.

Das menschliche Stimmorgan unterscheidet sich darin von den gewöhnlichen Zungenpfeifen vor allem, dass demselben ein in seiner Gestalt veränderliches Ansatzrohr, Resonanzrohr angefügt ist, die Mundhöhle, welche je nach der Stellung der Theile die sie annimmt, einzelne Töne des Instrumentes verstärkt oder schwächt.



dass der Mund für die verschiedenen Vokale verschieden abgestimmt sei, folgender Methode.

In der Flüstersprache werden die Vokale dadurch erzeugt, dass die in verschiedene halt gebrachte Mundhöhle durch den In- oder Expirationsluftstrom angeblasen wird. Dadurch erzeugten Geräusche lassen eine bestimmte Tonhöhe erkennen (DONDERS, WIL-) die bei verschiedenen Personen auffallend gleich bleibt. Nach der Methode von HELM- können diese Töne, die Eigentöne der Mundhöhle je nach der verschiedenen Stellung Mundtheile durch Mittönen gefunden werden, indem man angeschlagene Stimmgabeln den Mund hält, der zur Aussprache eines Vokales gestellt ist. Trifft man die Stimmgabel, zu Grundton mit dem Tone der Mundhöhle in ihrer bestimmten Stellung identisch ist, wird ihr Ton, verstärkt durch die Resonanz des Mundes, hörbar.

**Die Vokale.** Nach der Definition von HELMHOLTZ sind die Vokale der menschlichen Stimme membranöser Zungen, der Stimmbänder, deren Ansatzrohr, die Mundhöhle verschiedene Weite, Länge und Stimmung erhalten kann, sodass dadurch bald dieser, bald jener Ton des Klanges verstärkt wird. Mit Hilfe der Resonanzröhren kann man in tiefen, bis gesungenen Bassnoten bei den helleren Vokalen sehr hohe Obertöne (bis zum 6.) hören, ziemlich regelmässig findet man die ersten 6—8 Obertöne, aber von wechselnder Stärke. Bei scharfen und hellen Stimmen ist die Stärke der Obertöne, namentlich der hohen, stärker als bei weichen und dumpfen. Scharfe Töne scheinen dadurch zu entstehen, dass Stimmbänder nicht glatt und gerade genug sind, um sich, ohne an einander zu stossen, in einer geradlinigen Spalte zusammenlegen zu können. Mit dem Kehlkopfspiegel kann man dagegen normal-schwingende Stimmbänder mit einer auffallenden Genauigkeit sehen. Bei den Klängen anderer Zungenwerke, also wohl auch bei denen des Kehlkopfes, nehmen ohne Resonanz die Obertöne ihrer Stärke nach kontinuierlich ab. Bei den Vokalen, die mit trichterförmig weit geöffneter Mundhöhle gesprochen werden, bei dem scharfen *i*, verhalten sich die Obertöne dieser Annahme ziemlich entsprechend. Je mehr die Mundhöhle verengt wird, entweder durch die Lippen oder die Zunge, desto weniger kommt ihre Resonanz für Töne von ganz bestimmter Höhe zum Vorschein, und desto mehr verstärkt sie in dem Klang der Stimmbänder gewisse Obertöne.

Es ist zu beachten, dass bei jedem beliebigen, zur Klangerzeugung verwendeten Spannungsgrad der Stimmbänder dem an sich gleichbleibenden Klange derselben Charakter der verschiedenen Vokale durch Veränderung in der Resonanz des Ansatzrohres erteilt werden kann. Derselbe Grundton, dieselben Obertöne werden dabei von dem menschlichen Zungenwerke selbst hervorgebracht, die Verschiedenheit des Klanges der auf diese Note gesungenen oder gesprochenen Vokale rührt nur daher, dass in den verschiedenen Fällen verschiedene Partialtöne des Klanges von der Resonanz des Mundes verstärkt werden sind. Die Tonhöhen stärkster Resonanz der Mundhöhle hängen nur von dem Vokale ab, für dessen Bildung man die Mundtheile eingestellt hat. Sie wechseln bei kleinen, den entsprechenden Abänderungen in der Klangfarbe des Vokales sehr bedeutend. Man findet im Allgemeinen dieselbe Resonanz bei Männern, Frauen und Kindern. Wenn der weiblichen und kindlichen Mundhöhle an Geräumigkeit abgeht, wird durch engeren Abschluss der Oeffnungen ersetzt.

Die Vokale zerfallen in drei Reihen nach der Stellung der Mundtheile, welche der ältere REYMOND folgendermaassen zusammenstellt, indem der Vokal *a* den gemeinsamen Ausgangspunkt für alle drei Reihen bildet:



Dem Vokale *A* entspricht eine sich vom Kehlkopf ab ziemlich gleichmässig erweiternde Gestalt der Mundhöhle. Bei *O* und *U* wird die Mundhöhle vorn mehr verengt, sodass sie bei *U* vorne am engsten ist, während sie durch Herabziehen in ihrer Mitte möglichst erweitert ist, im Ganzen also die Gestalt einer Flasche erhält, deren Oeffnung, der Mund, ziemlich eng ist. Die Tonhöhe solcher *A* die (meist) nur einen Eigenton mit starker Resonanz erkennen lassen, wird weiter die Hohlräume und je enger seine Mündung ist. Bei *U* entspricht der *A* dem ungestrichenen *f*. Führt man das *U* in *O* über, so steigt die Resonanz auf *b*<sup>I</sup>. Führt man die Mundhöhle aus der *O*-Stellung allmählich durch die zwischeliegenden Mittellaute in das reine norddeutsche *A* über, so steigt allmählich die eine Oktave bis auf *b*<sup>II</sup>. Die zweite von *A* ausgehende Reihe von Vokalen hat noch einen zweiten Eigenton. Die Lippen werden so weit zurückgezogen, dass der Luftstrom nicht mehr beengen, dagegen tritt eine neue Verengung auf zwischen dem Theil der Zunge und dem harten Gaumen, während der Raum unmittelbar vor dem Kehlkopf sich durch Einziehen der Zungenwurzel erweitert, wobei gleichzeitig der Kehlkopf emporsteigt. Die Form der Mundhöhle nähert sich dadurch der Form einer mit engem Halse. Derartige Flaschen haben zwei deutliche Eigentöne, von denen der eine als der des Halses, der andere als der des Flaschenraumes angesehen werden kann. Bei den letztgenannten Vokalen finden wir dem entsprechend einen höheren und einen tieferen Eigenton. Die höheren Töne setzen die aufsteigende Reihe von Eigenton *U*, *O*, *A* fort, dem Ton *A* entspricht *g*<sup>III</sup> bis *as*<sup>III</sup>, *E* *b*<sup>III</sup> und *I* [mittels des *as*<sup>III</sup> bestimmt] *d*<sup>IV</sup>. Schwerer sind die tieferen, den hinteren Abtheilungen der Mundhöhle entsprechenden Eigentöne zu bestimmen. *A* entspricht *d*<sup>II</sup>, *E* *fl*, *I* [wie *U*] bei der ersten Vokalreihe, welche durch *O* nach *U* übergeht, bleibt die Zungenstellung wie für die vorstehende Reihe. Für *U* ist die Stellung wie für einen zwischen *O* und *A* liegenden Vokal, bei *O* die Stellung für *E*, aber ein wenig nach *A* gezogen. An der Verengung zwischen Zunge und Gaumen verengern sich aber auch die Lippen, so dass sie sich zu einer Art Röhre formiren, die eine vordere Verlängerung der Zunge und Gaumen liegenden Röhre bildet. Die Mundhöhle stellt also eine Flasche mit engem Halse dar als bei der zweiten Vokalreihe. Die Tonhöhe des höheren dem *U* entsprechenden Eigentons wird dadurch etwa um eine Quart vertieft, für *O* *as*<sup>III</sup>, für *E* *as*<sup>III</sup>. Die schwerer zu bestimmenden tieferen Eigentöne sind für *O* wie für *A* für *I* *f*.

Der Zugang zu den Choanen muss dem Luftstrome bei der Bildung der Vokale sein, sie nehmen sonst einen näselnden Charakter an. Der Verschluss geschieht durch die Hebung des Gaumensegels, welche die Choanen verschliesst. Am wenigsten geschieht dies bei *A*, dann folgt *E*, *O*, *U*, *I*.

Nach dem Gesagten ist es verständlich, warum die Vokale am charakteristischsten in Noten gesungen werden können, die einen Oberton haben, welcher mit dem Eigenton des Vokales harmonisch ist. Die Diphthongen sind Mischlaute, die aus einander gesprochene Vokale, also aus zwei Klängen zusammengesetzt. Der Übergang geht dabei rasch aus der für den ersten in die für den zweiten Vokal über.

Die Konsonanten sind, wie schon angegeben, mehr oder weniger reine Geräusche. Die Erzeugung ist analog der der flüsternd gesprochenen Vokale unabhängig von der Lautstärke und erfolgt dadurch, dass der zum Sprechen verwendete Luftstrom die verschiedenen Mundtheile, bei verschiedenen Mundstellungen in nicht tönende Schwingungen versetzt. Einige Konsonanten *M* und *N* und *ŋ* durch die Nase gesprochen sind keine Geräusche, sondern nur Modifikationen des Stimmklanges durch die Eigentöne der in den verschiedenen gestellten Mund- und Nasenhöhle. Man unterscheidet Lippen-, Gaumen- und Nasenbuchstaben, je nach dem Ort, an welchem die Geräusche entstehen. Stets sind die Stellen, an denen die Buchstaben in der Mundhöhle entstehen.



nannten »Thoren«. Das Lippenthor für Bildung der Lippenbuchstaben: *p, b, f*, *m* wird entweder durch beide Lippen gebildet oder durch die Unterlippe und obere Schneidezähne. Das Zungenthor für Bildung der Zungenbuchstaben: *t, d, s* (hart), *z* (weich), *l, n, r* wird durch die Zungenspitze und vorderen Theil des harten Gaumens oder Rückseite der oberen Schneidezähne gebildet. Zungenwurzel und weicher Gaumen bilden das Gaumenthor für die Gaumenbuchstaben: *k, g, ch, j, r* (im Rachen ausstrachen). Dadurch dass die vorher geschlossenen Thore plötzlich gesprengt oder die vorher offenen plötzlich geschlossen werden, entstehen die sogenannten Explosivlaute. Man hat drei Thoren: *p, t, k*. Geschieht die Oeffnung und Schliessung mehr allmählich, so entstehen die Laute weicher: *b, d, g*. Strömt die Luft allmählich durch die verengten Thore, entstehen wieder andere Geräusche: *f, v, s* (scharf), *ch*. Geschieht Letzteres unter Mitwirkung der Stimme, so entstehen *w, z* (weich), *l, j*. Ist das Thor verschlossen und entweicht Luftstrom unter Mitwirkung der Stimme durch die Nase: *M, N*; öffnet und schliesst sich das Thor abwechselnd während des Durchströmens der Luft, so wird das *R* gebildet, das entweder an dem Zungen- oder Gaumenthor entsteht, je nach dem Dialekt oder der persönlichen Sprechgewohnheit. Die zusammengesetzten Konsonanten entstehen analog den zusammengesetzten Vokalen durch rasche Kombination der verschiedenen Mundstellen, sodass man in ihnen stets Doppelkonsonanten bekommt.

Neben den Geräuschen der Konsonanten können auch noch eine Reihe anderer in der Mund- und Rachenhöhle erzeugt werden, die aber nicht zur Sprachbildung als Laute benutzt werden. Es werden nur diejenigen dazu benutzt, deren Verbindung mit einander leicht ist. Die Sprache enthält eine gewisse Anzahl dieser möglichen Laute, und es entstehen dadurch charakteristische Unterschiede in den einzelnen Sprachen, dass jede gewissen Klassen dieser Laute oder einzelne derselben vorzugsweise, andere sparsam oder gar nicht anwendet. Es giebt auch den Buchstaben analoge Geräusche, welche in der Sprache nicht, wohl aber zu anderen Bezeichnungen von Gefühlen, z. B. Schreien, benutzt werden; man könnte sie im Gegensatz zu der erlernten natürlichen Stimme nennen. Unter den möglichen Konsonantengeräuschen, die zur eigentlichen, erlernten Sprache nicht benutzt werden, kommen die explosiven als anderweitige kontinuierliche Geräusche vor: das Schmatzen, Gurgeln, Schnäuzen, Hemsen, Aechzen, Küssen, Niesen, Stöhnen, Schlürfen, Schnalzen mit der Zunge. Schnalzlaute kommen bei den Hottentotten in der Sprache vor, sowie bei anderen afrikanischen Völkern. Auch sie werden hie und da zur Bezeichnung von Gemüthsstimmen allein benutzt, analog dem Schreien.

Die richtige Sprache setzt eine normale Bildung der Mundhöhle voraus, ein freies Gaumen z. B. macht die Sprache näseltend, da nun ein Theil der Luft auch durch die Nase entweichen kann. Durch Ungewandtheit und Unbeweglichkeit der Zunge entsteht das Stammelnde. Die Bildung richtiger Laute setzt das Vermögen des Hörens voraus. Taubgeborene lernen nur schwer eine Art von Lauten ziemlich roher Art hervorzubringen. Taubstummheit ist die Stummheit Folge des mangelnden Gehöres. Wenn ihnen durch Nachhilfe Artikulation gelehrt wurde, so bleibt ihre Sprache doch eine Art Geheul, da sie ohne Regulierung durch das Gehör entbehren. Das Sprechen setzt auch die normale Funktion des Gehirns, Verstand, voraus. Blödsinnige haben keine Sprache, die Laute, die sie artikulieren, haben keine Bedeutung. Nur dadurch, dass der Laute Artikulierende einen bestimmten Sinn mit den Worten verbindet, eine bestimmte Bedeutung in die Reihenfolge der Worte einfügt, werden die artikulierten Laute zur Sprache. Ein Vogel kann Worte aussprechen, aber er versteht sie nicht. Die Sprechwerkzeuge stehen in ganz eigenthümlichen Beziehungen zu dem Gehirn; es können die Bewegungen der Zunge nach Hirnverletzungen noch vorhanden sein, sodass das Schlucken möglich bleibt, während die Sprache, das Vermögen zu sprechen, verloren ist.

**Entwicklungsgeschichte.** — Die Fähigkeit, Stimme zu bilden, ist eine nach den verschiedenen Altern verschiedene. Im Fötus und neugeborenen Kinde ist der Kehlkopf ver-

hältnissmässig sehr klein, der Schildknorpel ist noch rund und macht keinen Hals. Es sticht diese geringe Entwicklung sehr ab gegen die Verhältnisse, welche die Esswerkzeuge: das Zungenbein, die Zunge schon erkennen lassen. Der Schildknorpel noch wenig ausgebildet ist, so sind natürlich die Stimmbänder, die Knorpel selbst sind noch sehr biegsam. Erst mit Eintritt der Mannbarkeit wird die Gestalt und Grösse des Kehlkopfes wesentlich. Die Entwicklung der Kehlkopfveränderung veranlasst eine Ernährungszunahme in mehreren Organen, so auch in dem Kehlkopf. Die Dimensionen nehmen plötzlich zu. Es entsteht damit nothwendig eine Veränderung der Stimmfarbe, da sich die Stimmbänder nicht unbedeutend verlängern: der Alt- oder Sopranstimme des Knaben verwandelt sich in den männlichen Tenor. Auch bei Mädchen findet sich ein analoger Vorgang, doch von etwas geringerer Ausdehnung. Bei Kastraten, welche vor der Geschlechtsentwicklung entmannt wurden, findet kein Wechsel nicht ein, die Stimme bleibt dann hoch, ja selbst höher als der Sopran. Die Aussprache der Kinder ist von der der Erwachsenen sehr verschieden, die liegt in der Verschiedenheit der Sprachorgane. Die Zähne sind klein, oder theilweise oder ganz; die Zunge ist verhältnissmässig gross, die Lippen sind dünn, die geschlossenen Kinnladen zu bedecken, die Nasenhöhlen sind noch wenig entwickelt. Aehnliche Veränderungen: Mangel der Zähne, Länge der Zunge, die sich auch im Greisenalter wieder ein, die das Sprechen erschweren, sodass das Greisen sich wieder der kindlichen nähert. Die allgemeine Muskelschwäche zeigt sich auch bei der Lautbildung und Sprache. Die Stimme ist schwach, bröckelnd, ebenso der Gesang, es fehlt den Muskeln an Kraft, langdauernde Töne auszuführen.

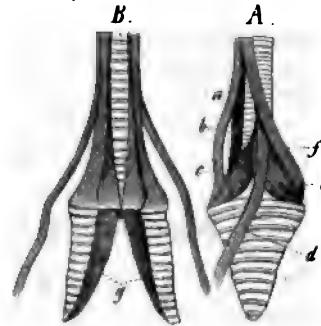
**Beobachtungsmethoden.** — Kehlkopfspiegel. — Zur Beobachtung der Stimmorgane bei der Stimmbildung dient der Kehlkopfspiegel (Mak, Türk). Er besteht aus einem kleinen an einem Griffe befestigten Metallspiegel, den man um das Beschlagen zu verhüten, erwärmt in den Mund einführt und durch den Kehlkopfingang unter einem Winkel von 45° festhält. Der Beobachter sieht durch das Auge gleichsam zum Ausgangspunkt konzentrierten Lichtes, indem er durch den durchbohrten Spiegel, der das Licht einer hellen Lampe in den weit geöffneten Kehlkopf wirft, das Bild der Stimmorgane beobachtet, das Bild der Stimmorgane in letzterem beleuchtet. Der Beobachtete muss dabei die Zunge möglichst tief in den Mund herausstecken. Die ersten grundlegenden Beobachtungen über die Stimmorgane wurden besonders von J. Müller theils an Modellen, theils an Thieren, mittelst Vivisektionen, oder vor allem an toten Kehlköpfen angestellt, bei denen die Muskelwirkung im Kehlkopf durch entsprechend angebrachte Fäden (Haken) welche über Rollen laufend durch Gewichte gespannt werden konnten. Ein kleiner eigener Mund diente zum Anblasen.

**Zur vergleichenden Anatomie der Stimmwerkzeuge.** — Bei den Säugethieren ist im Allgemeinen dem menschlichen analog gebildet, bei einigen Affen mit Ausnahme der Stimme kommen noch besondere Resonanzorgane hinzu. Hierher gehört der Halsbeutel des Orang-Utan zwischen Schildknorpel und Zungenbein, welche häufig auch bei dem Mandrill, Pavian, dem Makaken (Cuvier). Am stärksten entwickelte Apparat bei dem amerikanischen Heulaffen *Myotis* entwickelt. Zu den Stimmorganen, auch der Kehlkopf sind aufgetrieben, von den Ventrikeln der Kehlkopf-Seitensacke aus, zu denen noch Sacci laryngopharyngei kommen. Auch bei den Amphibien entsteht im Kehlkopf, Frosche und Krokodile haben Stimmorgane, gehen dagegen die Töne der Stimme von festen schwingenden Knorpelstäben aus, welche am Ende in dem grossen Kehlkopf befestigt bei dem Anblasen wie angeschlagene oder feste Zungen in Schwingungen gerathen (Mayer, J. Müller). Auch die Reptilien haben Stimme, ohne dass man die betreffenden Organe genau kennt, das wohl meist von der Schwimmblase aus, die zu diesem Zwecke reichliche Membranen



mmorgan der Vögel, der untere Kehlkopf, sitzt im Gegensatz zu dem der der Theilungsstelle der Luftröhre. Es wird in den meisten Fällen schon äusser- die Verschmelzung mehrerer Luftröhren- der »Trommel« angedeutet. Der letzte dieser ist vorn und hinten einen Vorsprung, meist Vorsprünge durch einen knöchernen Quer- (siste) verbunden. Dadurch wird das Ende are in zwei Theile getheilt. Der Steg geht hinten bogenförmig nach abwärts und hält imhautfalte, Membrana tympaniformis in- in einem Rahmen ausgespannt. Eine andere utfalte, Membrana tympaniformis externa, h meist zwischen dem letzten Tracheal- und a Bronchialring aus, sie springt bei Annähe- tinge erschlafft nach innen vor. Diese he- imhautfalten fungiren als Stimmbänder, die : ist doppelt; bei den Singvögeln kommt dritte Falte, die sich vom Stege erhebt, er Spannungsgrad der Ränder der Stim- n, die Weite der Stimmritzen wird durch dere Muskulatur bestimmt. Bei den Sing- et sich ein aus 5—6 Muskelpaaren gebildeter Singmuskelapparat.

Fig. 470.



Unterer Kehlkopf. Singmuskelapparat des Raben. *A* von der Seite, *B* von vorne gesehen. *a—f* Muskeln zur Bewegung des unteren Kehlkopfes. *g* Membrana tympaniformis.

## Neunzehntes Kapitel.

### Mechanik und Chemie der Muskeln,

#### I. Mechanik der Muskeln.

##### Allgemeine Wirkungsweise der Muskeln und ihr Bau.

Die Bewegungsmöglichkeit des menschlichen Organismus ist durch den Gerüsttheile des Skeletes gegeben, dessen mechanische Einrichtungs- und Ver-änderungen der einzelnen Knochen gegen einander erlauben oder ver-  
Es ist nicht unmöglich, die an dem menschlichen Körper zur Er-  
kommenden Lokomotionen und Bewegungen allein mit Berücksichtigung  
Skeleteinrichtungen zu verstehen. In unserer Darstellung dieser Ver-  
stiessen wir dabei jedoch vielfältig auf die Nothwendigkeit, aussere auf d-  
chengerüste einwirkende Kräfte zur Erklärung der Bewegungen zu n-  
nehmen. Die Kraftwirkungen, denen wir dabei begegneten, beschränkt  
auf Stellungsveränderungen der Gelenke gegen einander und waren der-  
sache nach als Streck-, Beug- und Rollbewegungen zu bezeichnen. W-  
so bei dem Mechanismus des Gehens z. B. das Fortstossen des Rumpfes  
horizontalen Linie auf ebenem Boden durch die aktive Wirkung zweier  
schiedener Richtung gekrümmter Gelenke hervorgebracht; das Pendeln d-  
siven Beines wurde durch eine aktive Beugung in den Gelenken und d-  
gegebene Verkürzung des Beines ermöglicht.

Wir werden somit bei der Betrachtung der Mechanik der Bewegun-  
menschlichen Körpers dahin geführt, nach den die passiven, starren Ma-  
theile aktiv bewegenden Kräften und ihrer Wirkungsweise zu fragen.

Bei der Zergliederung des Menschenleibes stossen wir auf eine enor-  
zahl massiger, roth gefärbter, elastischer Bänder, welche von der verschie-  
Form und Grösse sich in sehr verschiedenen Richtungen mit den Knochen  
bunden zeigen: es sind die Skeletmuskeln, welche beinahe die H-  
etwa 45% der gesammten Masse des Körpers ausmachen, und die Mehr-  
Knochen fast vollkommen in ihre Fleischmassen einschliessen. Sie sind d-  
lich aktiv bewegenden Organe, in ihren Eigenschaften, in ihrer Anordn-  
wir alle die Momente realisirt, welche zu den ausgiebigen Bewegungen,  
zweckmassigen Stellungsveränderungen der Knochen gegen einander nach-  
welche wir im vorstehenden Kapitel im Allgemeinen kennen gelernt haben



Die Muskeln entfalten dadurch ihre Wirksamkeit, die eine Bewegung der Theile hervorruft, dass sie unter bestimmten Verhältnissen einer wesentlichen Gestaltsveränderung, der Kontraktion, fähig sind, welche sich im Ganzen in ein Kürzer- und Dickerwerden charakterisiren lässt. Alle Muskeln sind in der Lage sich zusammenzuziehen, zu kontrahiren, sich in ihrer Längsrichtung zu kürzen, wobei sie in der Querrichtung (Dicke) anschwellen, sodass das Volumen etwa dasselbe bleibt (nach VALENTIN, SCHULEWITSCH u. A. wird es etwas vermindert). Dadurch, dass der Muskel abwechselnd in den verkürzten und wieder im verlängerten (nicht verkürzten) Zustand überzugehen vermag, können ihm abwechselnde Bewegungen der durch Gelenke verbundenen Skelettheile hervorgerufen werden.

Die Anordnung der Muskeln ist stets eine solche, dass sie nur an ihren beiden Enden — dem Ursprung und Ansatz — an Knochen befestigt sind, doch in der Regel, dass sie dabei stets ein, seltener zwei Gelenke überspringen. Sie wirken dadurch die Knochen in Hebel. Die Mehrzahl dieser Hebel sind Stützhebel, d. h. der Angriffspunkt des Muskels, der Kraft befindet sich auf derselben Seite des Drehpunktes wie der Angriffspunkt der Last. Meist liegt der Ansatzpunkt des Muskels dabei dem Drehpunkt des Hebels sehr nahe, sodass der Muskelhebelarm weit kürzer ist als der der Last, wodurch für die Hebung verhältnissmässig schwerer Lasten ein bedeutenderer Kraftaufwand nöthig wird als im umgekehrten Falle. Die Hebung der Lasten kann dafür im Gegensatze mit grosserer Geschwindigkeit ausgeführt werden, die Knochen werden durch die Muskeln in sogenannte Geschwindigkeitshebel verwandelt. Die rasche Beweglichkeit des Körpers wird durch diese Art des Ansatzes in hohem Maasse begünstigt.

Allgemein lässt sich die Wirkungsweise der Muskeln auf ihre Hebel als lineare Zugkraft auffassen. Wir können zum leichteren Verständnisse die Wirkungsweise eines bandartigen Muskels uns diesen reducirt denken auf eine Linie, welche die Ansatzpunkte mit einander verbindet. Die Wirkung findet in der Regel in der Art statt, dass durch die Verkürzung dieser Linie der Ansatzpunkt des Muskels an einem beweglichen Hebel, dem Ursprungspunkte, gegen einen entweder absolut festen oder durch anderweitige Einwirkungen beweglichen Theile des Skeletes sich findet, genähert wird.

Die Wirkung einer solchen linearen Zugkraft wird vor allem nach den mechanischen Gelenkeinrichtungen modificirt werden müssen; alle Hebelmechanismen, die wir an den Gelenken kennen gelernt haben, kommen bei den einzelnen Muskelstellungen zur Wirksamkeit; überdies werden sich die Wirkungen der Muskeln nach der Richtung, unter welcher die Zugkraft angreift, modificiren. Wir uns zuerst ein einfaches Scharniergelenk, auf welches eine lineare Zugkraft einwirkt. Es lässt ein solches Beugung und Streckung in zwei entgegen gesetzten Richtungen zu, deren Ausgiebigkeit durch die speciellen Gelenkeinrichtungen beschränkt wird. Die Muskeln laufen zum grossen Theile parallel den Knochen. Denken wir uns das Gelenk gestreckt, sodass beide verbundenen Knochen in einer geraden Linie mit einander liegen, und an eine Zugkraft in Wirksamkeit treten, die die Knochen gegen einander zu ziehen wollte, so sehen wir auf den ersten Blick, dass unter Umständen die Zugkraft nicht zu einer Stellungsveränderung der Knochen gegen einander,

sondern nur zur Zusammenpressung der Gelenkenden verwendet werden. Der Muskel zieht ja in der gegebenen Richtung der Knochen, diese also gegen einander. Anders wäre es, wenn die Zugkraft nicht parallel mit den Knochen, sondern unter irgend einem Winkel auf sie wirken würde. Wir können den Fall denken, dass dann gar kein Zusammenpressen der Gelenkenden stände käme, dass alle Kraft zur Stellungsveränderung verbraucht werden würde. Sind die Knochen einmal etwas gegen einander gebeugt, so leuchtet es ein, dass dieser zweite gedachte Fall immer mehr und mehr zur Wirksamkeit kommen würde.

Aus dieser Ueberlegung geht sogleich einfach hervor, wie verschieden die Muskelwirkung je nach den schon eingeleiteten gegenseitigen Stellungsbewegungen der Knochen ausfallen muss. Zu Anfang einer Bewegung aus der gestreckten Lage in die gebeugte und umgekehrt zu Ende einer Umwandlung der Beugung in eine Streckung wird die Hauptmasse der Kraft zum Zusammenpressen der Gelenkenden, am Ende der Beugebewegung, am Anfang der Streckbewegung wird sie zur Stellungsveränderung der Knochen benützt.

In der Natur ist der Muskelansatz an den Knochen stets in der Art, dass ein wirklich paralleles Angreifen der Zugkraft nicht eintritt. Die Muskeln setzen sich nämlich stets an Knochenvorsprünge an oder gehen von solchen vor ihrem Ansatz weg, sodass diese als Rollen wirken und die Muskelwirkung verbessern, wodurch sogleich ein ansehnlicherer Theil der Muskelkraft zur Wirkung eine Stellungsveränderung des Gelenkes veranlasst.

Nach den gegebenen Gesichtspunkten lässt sich das Resultat jeder Muskelkontraktion auf das Skelet leicht anschaulich machen. Es finden sich viele Muskeln, die so angeordnet sind, dass bei ihrer gleichzeitigen Kontraktion das Gelenk keine Stellungsveränderung eingeht, man nennt solche Muskeln Antagonisten, sie paralysiren sich gegenseitig in ihren Wirkungen.

Die Bewegung in reinen Scharniergelenken ist stets nur Beugung und Streckung, also Drehung um die Gelenkaxe. Bei den Kugelgelenken ist die Beweglichkeit eine weit vielseitigere. Doch lassen sich auch ihre Stellungsveränderungen auf Beuge- und Streckbewegungen reduciren, wenn wir uns den Drehpunkt des Gelenkkopfes nach verschiedenen Richtungen lineare Axen denken. Um diese Axen lassen sich dann Beugungen und Streckungen vornehmen, die in ihrem Zustandekommen sich nicht wesentlich von denen in Scharniergelenken unterscheiden. Nur durch die Anzahl der Axen wird das Resultat ein complicirteres. Analog ist es bei allen anderen wahren Gelenkformen, mehr den Scharnieren oder mehr den Kugelgelenken anschliessen. In allen Fällen ist die Muskelwirkung stets die gleiche.

Ihren gröberen Bau nach sind die Muskeln aus der eigentlichen Fleischmasse, die aus Längs- oder Querbündeln besteht, zusammengehalten, die einzelnen Bündel werden durch, manchmal Fettzellen enthaltendes, Bindegewebe zusammengehalten (Fig. 172, 173). Das Bindegewebe ist hier wie an allen anderen Orten der Träger der Blutgefässe, deren gröbere Verbreitung in den Muskeln charakteristischen Eigenthümlichkeiten zeigt. Die Fleischbündel selbst sind mikroskopisch aus jenen uns bekannten Muskelprimitivbündeln oder Muskelfasern, die in ihrem zähflüssigen Inhalt eine Querstreifung erkennen lassen (Fig. 174), (Fig. 17, S. 48). Auch diese letzten Muskelelemente, welche sämmtlich von der Länge des ganzen Muskels sind, manchmal mit ziemlich



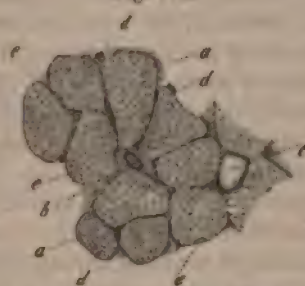
gen, ehe sie das Ende des Muskels erreicht haben, sind in zartes Bindegewebe gekittet; in diesem verzweigen sich die letzten Muskelkapillaren in einmässiger Weise.

Das Kapillarnetz besitzt rechtwinklige Verzweigungen, deren längere in die Längsachse des Muskelfaserbündels parallel verlaufen (Fig. 175). Die kürzeren verlaufen quer mit einander senkrecht auf der Längsachse der Primitivbündel.

Man unterscheidet man zwischen quergerichtet und quergerichtet, welche ein feines Netz von Kapillaren darstellen, das von den Kapillaren in der Regelmässigkeit wird und die mit-

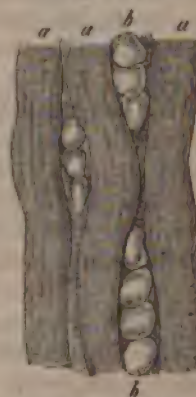
ben Muskelemente ziemlich reichlich mit Blut versorgt. Die Muskelgefässe gehören zu den feinsten des ganzen Körpers, sie sind von 0,002 bis 0,003 mm breit.

Fig. 172.



Querschnitt des menschlichen Biceps brachii. a. Die Muskelfäden; b. Querschnitt eines grösseren Gefässes; c. eine Fettzelle in einem grösseren bindegewebigen Zwischenräume; d. Haargefässdurchschnitte in der dünnen Bindegewebsschicht zwischen den einzelnen Fäden; e. die Kerne derselben, dem Sarcotagma anliegend.

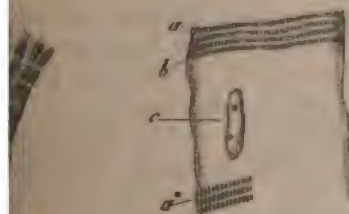
Fig. 173.



Von Fettzellen durchwachsener menschlicher Muskel. a. Muskulöse Fäden. b. Reihen der Fettzellen.

Fig. 174.

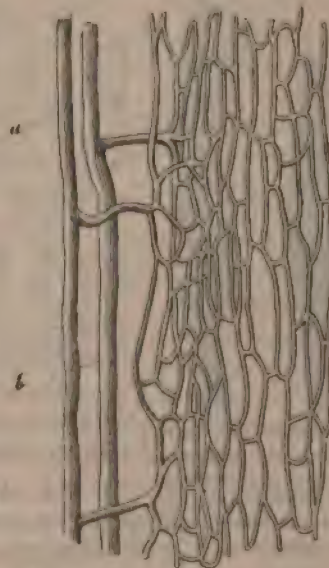
2.



den, vom Proteus 1, und Schwein 2, bei Vergrösserung (ersteres Alkoholpräparat, letzteres Säure von 0,01% behandelt). a. Fleischbündel. b. helles Längsbindemittel. Bei a sind die Fasern von einander entfernt und das Querschnittsmittel sichtbar. c. Kern.

Muskeln selbst laufen an ihren Enden in die Sehnen und Fasern, mit denen sie vom Knochen ansetzen. Sie bestehen aus festem, elastischem Gewebe und sind im mechanischen Verhalten Anders als zähe, wenig

Fig. 175.



Kapillargefässe der Muskeln, 250 mal vergr. a. Arterie, b. Vene; c. Kapillarnetz.

dehnbare Stränge, welche den breiten Querschnitt des eigentlichen Muskels auf einen weit kleineren zurückführen, wodurch es möglich wird voluminöse Muskelmassen in ihrer Wirkung auf sehr kleine Ansatzstellen schränken. Zugleich übertragen sie, wenn sie eine bedeutendere Länge haben wie bei den die Hand und den Fuss bewegenden Muskeln, die Muskelkraft auf entferntere Punkte. Durch ihr geringes Volumen sind sie besonders da wo es wie bei den Fingern nothwendig war, die Skeletgrundlage der Muskeln nicht durch Muskelmassen zu umhüllen, um den Organen eine geringe Ausdehnung zu geben, die ihre Beweglichkeit möglichst wenig beschränkt, durch, dass sie, wie schon erwähnt, vor ihrem Ansatz über Knochenhöcker ähnlich wirkende Vorsprünge hingehen, modificiren sie in zweckentsprechender Weise die primäre Zugrichtung der Muskeln. Ihre Zugrichtung wird noch überdies durch die festen Sehnenscheiden, durch welche sie hindurchgehen, die ihnen eine unveränderliche Lage anweisen. Die Bewegung in den Gelenken wird durch ihren inneren Synovialüberzug, durch die zähe Flüssigkeit der Gelenkschmiere analog, die Wände glatt und schlupfrig erhält, der Gelenkschmiere analog, die Reibung ermöglicht.

Im Gegensatz zu den Sehnen übertragen die breiten Fascien die Muskelkraft auf breite Flächen. Theilweise dienen sie auch zur Vervielfältigung der Ansatzpunkte der Muskeln.

Die Muskelprimitivschläuche gehen, wie sich erwarten lässt, nicht über die Sehnen über. Sie endigen am Sehnenansatz blind; nur das Sarkomer, das Bindegewebe zwischen den Muskelbündeln, das Perimysium, steht in direkter Continuität mit der Sehne.

Fig. 176.



Zwei Muskelfäden (a, b) nach Behandlung mit Kalilauge. Der eine noch in Verbindung mit dem Sehnenbündel (c), der andere von demselben (d) abgelöst.

Die Sehnen sind so wenig dehnbar, dass sie in Beziehung im Gegensatze zu den Muskeln nur als starren Maschinentheilen, an welchen die Zugkraft der Muskeln angreift, gezählt werden müssen. Sie sind es mit, dass die Muskelkraft, welche überall in gleicher Weise in Wirksamkeit tritt, in zweckentsprechender Weise verwendet werden kann. Sie sind in dieser Hinsicht den Uebertragungsbandern und Seilen analog, welche die Mechanik die rohe Kraft ihrer Dampfkraft z. B. auf entferntere Plätze überträgt, wodurch es möglich wird, dieselbe Kraft zur Bewegung der verschiedenartigsten Maschinen zu verwenden.

Die mechanischen Grundbedingungen, auf welchen die Leistungen der Muskeln ruhen, sind vor allem zwei:

Die aktive Beweglichkeit des Muskels, seine Kontraktionsvermögen;

die passive Beweglichkeit desselben, seine Elasticität.



## Die Elasticität und Dehnbarkeit der ruhenden Muskeln.

da die Knochen allseitig von Muskeln umgeben sind, so würde, vorausgesetzt, dass die Muskeln im ruhenden Zustande nicht dehnbar wären, keine Bewegung stattfinden können. Es ist die Grundbedingung für die Ausführung von Bewegungseffekten von Seite eines aus der Zahl der den Knochen umlagernden Muskeln, dass die übrigen ruhenden Muskeln dehnbar seien, um sich der Ver-  
änderung der Stellung der Knochen gegen einander anzupassen.

Muskeln besitzen diese Eigenschaft in hohem Grade, sie sind aber nicht nur dehnbar, sondern auch ebenso elastisch (E. WEBER). Wenn man an einem frischen, ausgeschnittenen, längsfasrigen Muskel ein Gewicht anhängt, so dehnt er sich sehr bedeutend aus, kehrt aber nach dem Aufhören der wirkenden Kraft wieder vollkommen zu seiner ursprünglichen Länge zurück. Man beachtet ein, dass mit dieser grossen Elasticität des Muskels eine bedeutende Arbeitersparung im Organismus gegeben ist. Bei der aktiven Bewegung werden ihre Antagonisten stark gedehnt. Die Rückführung der aus dieser Lage gebrachten Knochen in diese erfordert nun der Elasticität der Muskeln wegen keinen weiteren Kräfteaufwand; sie wird neben der wirkenden Kraft lediglich durch die elastische Wirkung des gedehnten Muskels erreicht, der seine natürliche Länge wieder anzunehmen strebt, sobald der dehnende Einfluss nachlässt.

Die Wirkung eines dehnenden Zuges auf den Muskel, z. B. das Anhängen eines Gewichtes an einen ausgeschnittenen Muskel ist der Zeit nach verschieden. Sobald der Muskel belastet wird, dehnt er sich momentan sehr bedeutend aus, aber nach einiger Zeit nimmt er die vollkommene Verlängerung an, die der angewendeten Zugkraft entspricht. Man kann sonach eine starke momentane Anfangsdehnung und eine weit geringere und später eintretende Schlussdehnung unterscheiden. Analog ist die Wirkung der elastischen Kräfte, welche den Muskel nach dem Nachlassen des Zuges wieder zu seiner natürlichen Länge zurück-  
führen.

Der Muskel verkürzt sich zuerst sehr rasch und dann sehr allmählich, erst nach Verlauf einer längeren Zeit seine Verkürzung vollendet hat. So verhalten sich alle organischen Körper, z. B. Seidenfäden. Ebenso wie bei diesen nimmt die Dehnbarkeit des Muskels ab, wenn er schon eine Ausdehnung erfahren hat. Das doppelte oder dreifache etc. Gewicht dehnt ihn nicht um das doppelte oder dreifache etc. Länge. Ein gleiches Gewicht bringt eine um so geringere Dehnung hervor, je mehr der Muskel bereits gedehnt ist. Ueber ein gewisses Maximum ist der Muskel nicht mehr dehnbar, er zerreisst dann endlich, wenn die Zugkraft noch bedeutender gesteigert wird. Er verhält sich qualitativ ebenso wie die elastischen Bandapparate der Gelenke, welche, nachdem sie einer Dehnung bis zu einem gewissen Grade erlitten haben, nun sich jeder weiteren Dehnung starr widersetzen. Doch ist quantitativ die Ausdehnbarkeit des Muskels eine weit grössere als die der Bänder, Sehnen und Kapselmembranen. Bedeutender als diese Verhältnisse, welche wir eben besprochen, ist die Dehnbarkeit, welcher die eigene Elasticität des Muskels zur Arbeitersparung bei seiner Kontraktion verwendet ist. Die Muskeln sind im lebenden Körper so an die Knochen befestigt, dass sie dadurch etwas über ihre natürliche Länge gedehnt werden; so kommt es, dass sie bei dem

Lasttrennen von ihren Ansatzpunkten etwas zurückschnellen, dass die Wunden klaffen. Der wesentliche Vortheil dieser Anordnung besteht bei der eintretenden Kontraktion keine Kraft und Zeit für die Anspannung vorher schlaffen Muskels verloren geht, sondern dass durch sie sofort bei in den betreffenden Knochen eingeleitet werden können.

### Die Kontraktilität des Muskels.

Noch weit wichtiger als seine Elasticität ist die aktive Kontraktilität des Muskels, die Eigenschaft, welche ihn zur Arbeitsleistung befähigt. Diese Eigenschaft ist schon im Allgemeinen charakterisirt. Das Kürzer- und Dickerwerden des Gesamtmuskels lässt sich auch an seinen einzelnen Primitivcylindern beobachten. Während der Ruhe sind diese an ausgeschnittenen Muskeln gebogen oder geschlängelt, reizt man sie unter dem Mikroskop auf einen bestimmten Wege zur Zusammenziehung, so sieht man sie sich sehr plötzlich gerade werden, unter Verminderung ihrer Länge und Vergrösserung ihres Querschnitts. WEBER beobachtete, dass dabei die Querstreifung deutlicher und scharfer wird, indem die einzelnen Disdiaklastenreihen, die Querstreifen näher rücken. Die doppeltbrechenden Fleischtheilchen, die man als Disdiaklasten bezeichnen kann (Fig. 174), welche noch weiter aus Disdiaklasten kleinster Grösse zusammengesetzt sind, werden dabei kürzer und breiter. Die Verkürzung, welche der Muskel dabei erleidet, ist nach WEBER um  $\frac{5}{6}$  der Länge des ruhenden (WEBER).

Es ist leicht einzusehen, wie durch eine derartige Verkürzung Arbeit geleistet werden kann. Sehen wir von der normalen Verbindung der Muskeln mit den Knochenhebeln ab und denken wir uns einen solchen ausgeschnittenen Muskel mit einem Ende aufgehängt, am anderen mit einem Gewichte belastet, das auf eine bestimmte Weise an ihm befestigt wurde, so wird er durch seine Verkürzung die Last zu heben vermögen und damit im einfach mechanischen Sinne Arbeit leisten. Diese Arbeit lässt sich als Produkt des gehobenen Gewichtes und der Hubhöhe ausdrücken, d. h. wenn  $p$  = der Last,  $h$  = der Hubhöhe, so würde die Arbeit =  $p \cdot h$  sein. Es leuchtet ein, dass schon das Heben des Gewichtes des unbelasteten Muskels selbst auf die Hubhöhe als Arbeit zu bezeichnen ist, die zur geleisteten Arbeit addirt werden muss, um die Gesamtarbeit des Muskels bei dem Heben der Last zu finden. Es ergiebt sich leicht aus der Anschauung, dass die geleistete Arbeit die Grösse des Produkts des Muskelgewichtes =  $P$  mit der halben Hubhöhe ist. Wir bekommen somit für die geleistete Gesamtarbeit die Formel:

$$\frac{P \cdot h}{2} + p \cdot h = \left( \frac{P}{2} + p \right) \cdot h$$

Bei Hebung von grossen Lasten kann das Muskelgewicht vernachlässigt werden, man hat dann für die Arbeit die einfachere Formel:  $p \cdot h$ .

Jeder Muskel ist aller möglichen Grade der Verkürzung fähig bis zu einem Maximum, das er nicht mehr zu überschreiten vermag. Es schwankt die Verkürzung zwischen 65 und 85 pCt. der Länge des ruhenden Muskels. In dem Körper der Muskeln derart angeheftet, dass keiner das Maximum seiner Verkürzung



Wird auch bei der durch die Gelenkeinrichtungen gestatteten grösstmöglichen Verkürzung beträgt diese immer nur einen kleinen Bruchtheil der natürlichen Länge des Muskels. Die Muskeln sind überall so nahe an dem Drehpunkte der Bewegung, die sie bewirken, angesetzt, dass schon eine geringe Verkürzung das Maximum der Drehung, welche die Einrichtung des Gelenkes gestattet, bewirkt. Die Bewegungen werden so mit möglichst geringer Muskelverkürzung ermöglicht.

Der Muskel vermag durch seine Kontraktion verhältnissmässig grosse Widerstände zu überwinden, bedeutende Gewichte zu heben. Doch geht auch diese Fähigkeit nicht über ein bestimmtes Maximum hinaus. Ist das Gewicht zu schwer, so vermag der Muskel dasselbe nicht zu heben. Weniger schwere Gewichte vermag er zwar noch zu heben, aber auf eine zunehmenden Gewichte stetig abnehmende Höhe. Bei einem für jeden Muskel auszuhebenden Gewichte bleibt, wenn der Muskel im selben Moment belastet und zur Kontraktion veranlasst wird, Alles in Ruhe. Diese Grösse trägt nach WEBER den Namen: absolute Muskelkraft. Sie ist dem grössten Querschnitt des Muskels proportional. Um vergleichbare Zahlen zu gewinnen, berechnet man sie auf 1 □Cm. Muskel. Für 1 □Cm. des Froschmuskels beträgt sie etwa 2,8—3,0 Kilogramm (ROSENTHAL), nach älteren Bestimmungen noch viel weniger. HENKE und KNORZ fanden die Grösse der absoluten Muskelkraft des Menschen im Mittel für die Armmuskulatur zu 8,187 Kgr., für die Unterschenkelmuskeln zu 5,9 Kgr. für je 1 □Cm. Als Arbeitsmaximum musste man die Summe der Spannungen bezeichnen, welche der Muskel bei stärkster Reizung und höchster Erregbarkeit bewirken lassen kann. Das Arbeitsmaximum ist aber in hohem Maasse von der Reizung des Muskels abhängig, es fällt nach FICK grösser aus, wenn während der Kontraktion die Belastung fortschreitend vermindert wird, wie das bei der Muskelwirkung an Knochenhebeln thatsächlich (S. 616) der Fall ist. Für den Froschmuskel berechnet nach FICK das Arbeitsmaximum von 1 Kilogramm zu 3,3 bis 5,8 Kilogrammeler. Man sieht an, dass die Kontraktionsstärke mit der Reizstärke von 0 an bis zu einem Maximum mit konstanter Geschwindigkeit wachse und von da an konstant bleibe. Steigt man die Belastung über das Maass der absoluten Muskelkraft hinaus: Ueberlastung, so entsteht anstatt einer Verkürzung des Muskels eine Verlängerung, Dehnung des Muskels, die ihren Grund in der eigenthümlichen Eigenschaft des kontrahierten Muskels besitzt, dehnbarer zu sein als der ruhende (WEBER). Ein Nutzen dieser Eigenschaft für die Bewegung ist nicht abzusehen. Doch ist sie selbst nicht so ganz unverständlich, wenn wir bedenken, dass durch die Arbeitsleistung die Lebereigenschaften des Muskels aufgesetzt, ja endlich gänzlich vernichtet werden können. Die normale Elasticität gehört zu den Lebereigenschaften des Muskels, welche mit allen anderen durch die Thätigkeit, in der gewisser weiter unten zu beschreibenden Molekularänderungen, beeinträchtigt wird. Wenn man verschieden lange und dicke längsgefaserte Muskeln desselben Organismus auf ihre Leistungen untersucht, so ergibt sich dafür ein sehr einfaches Gesetz: ein Muskel kann um so grössere Lasten auf eine bestimmte Höhe heben, je grösser sein Querschnitt ist; eine bestimmte Last hebt er auf eine um so bedeutendere Höhe, je länger er ist. Das letztere ist aus der Anschauung klar. Bei einem längeren Muskel wird das Maximum seiner Verkürzung einen absolut grösseren Werth besitzen als bei einem kürzeren. Umgekehrt ist der kürzere Muskel aus einer grösseren Anzahl von Muskelprimitivcylindern zusammengesetzt, die als Einzelkräfte wirken. Je mehr gleichzeitig in Thätigkeit versetzt werden, desto grösser ist die daraus resultirende Leistung ausfallen. Die Muskelleistung findet statt während Ueberganges des Muskels aus seinem verlängerten (ruhenden) Zustand in den verkürzten. HELMHOLTZ hat den Vorgang der Verkürzung mit den schärfsten Hilfsmitteln einer Versuchsrichtung unterworfen.

Alle Muskeluntersuchungen, die wir bisher genannt haben, sind an quergestreiften, Skelettmuskeln, angestellt worden. Ueber die Kontraktion der glatten Muskelfasern hat WEBER schon früher Untersuchungen angestellt, welche zu dem Resultate geführt

hatten, dass sich die beiden Muskelarten in dieser Beziehung, wie es schien, verschieden verhalten.

Lässt man einen die Muskeln zur Kontraktion erregenden Einfluss, z. B. einen elektrischen Reiz, auf quergestreifte Fasern einwirken, so scheint für das Auge des Beobachters der Erregungszustand des Muskels gleichzeitig mit dem Eintritt der Reizung einzutreten und zu verschwinden, so wie der Reiz aufhört. Anders sind die Verhältnisse bei glatten Fasern, z. B. an denen des Darmes. Bei diesen wird die Kontraktion erst eine merkliche nach dem Beginne der Reizung wahrnehmbar, steigert sich allmählich, dauert nach Aufhören des Reizes fort und geht allmählich erst wieder in Erschlaffung über. Es löste die Aufgabe, die scheinbar blitzschnell auf einen momentan einwirkenden Reiz stehende und vergehende Muskelkontraktion der quergestreiften Fasern, in die Phasen, wie die Kontraktion der glatten Fasern zu zerlegen. Es war von vornherein unwahrscheinlich, dass sich auch in dieser Beziehung nur quantitative Verschiedenheiten bei den beiden Muskelarten finden würden, da ja auch die Histologie keine scharfe Grenze zwischen den beiden Fasergattungen findet, da die glatte, organische Faser durch Zwischenstufen in die quergestreifte, animale übergeleitet wird. Es war zu nehmen, dass sich ebensowenig wie im mikroskopischen Baue in dem physiologischen Verhalten absolute Unterschiede zeigen würden.

Das Princip der Untersuchungsmethode, welche HELMHOLTZ anwendete, ist folgendes: Befestigt man einen Muskel, der noch im Vollbesitz seiner Lebensseigenschaften ist, am Gastrocnemius des Frosches, an seinem oberen Ende unbeweglich und stützt das untere Ende einen Stift senkrecht auf die Längsaxe des Muskels und bringt in der Mitte des Stiftes eine senkrecht stehende, berusste Glastafel, sodass die Spitze des Stiftes die Tafel so wird bei einer Verkürzung des Muskels der gehobene Stift eine senkrechte Linie auf der Tafel einritzen, deren Höhe ein Maass für die eingetretene Verkürzung des Muskels sein kann. Bewegt man die bewusste Glastafel, während der Stift anliegt und der Muskel mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorbei, so wird der Muskel vermittelst des Stiftes eine gerade Linie auf der Tafel ziehen. Kontrahirt sich der Muskel während der Bewegung der Tafel, so wird er nicht eine gerade Linie, sondern eine Kurve zeichnen. Die Vertikalhöhe (die Ordinaten der Kurve) bezogen auf die gerade Linie, die der Muskel gezeichnet hätte (die Abscisse) den Verkürzungsgrössen des Muskels in den verschiedenen Momenten der Kontraktionsdauer, deren horizontale Ausdehnung der Zeit, welche die Tafel vorüberzieht, proportional ist. Kennt man die Geschwindigkeit, mit welcher die Fläche bewegt wird, so dass man angeben kann: die Hälfte, ein Drittel, ein beliebiges Stück derselben bedarf zu seiner Vorüberbewegung am Stifte eine bestimmte Zeit, z. B. 0,1 Minute, so kann man leicht den absoluten Werth eines beliebigen Punktes der horizontalen Abscisse berechnen.

In HELMHOLTZ's Apparate, der den Namen Myographion führt, wird nicht eine Glastafel, sondern ein beruster Glaszylinder, der durch ein Uhrwerk in gleichförmige Bewegung versetzt wird, an dem Schreibstift vorübergeführt, der nicht direkt, sondern durch eine Hebelübertragung mit dem Muskel in Verbindung steht, welche darauf beruht, dass der Schreibstift stets an dem Cylinder schleift, und nicht durch die Kontraktion des Muskels abgehoben werden kann. Eine weitere sinnvolle Einrichtung gestattet, den Punkt der Kontraktion genau zu bestimmen, an welchem der Schreibstift angekommen war, als der Reiz den Muskel wirkte, in Folge dessen er sich kontrahirte. Der benutzte Reiz ist ein schnell wirkender, kurz dauernder, der momentane Oeffnungsschlag der sekundären Induktion, der in seiner Zeitdauer weit unter  $\frac{1}{100}$  Sekunde bleibt.

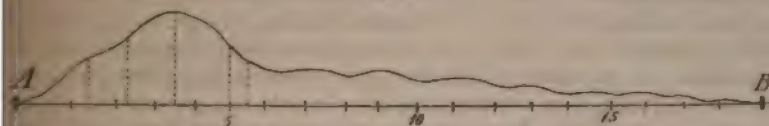
Die Kurven, welche mit diesem Apparat gezeichnet werden, haben im Allgemeinen auch unter bei Leitung der Erregung im Nerven folgende Gestalt:

Die Linie *AB* (die Abscisse der Kurve) entspricht der Zeit zwischen der Kontraktion bis zum Wiedereintritt der völligen Ruhe bei *B*. Die verschiedenen Abschnitte der Abscisse betragen etwa 0,03—0,04 Sekunden. Die Kurve



von, bis zu welcher in jedem Zeitabschnitte der Muskel sich verkürzte, das Maximum der Verkürzung trifft auf den Punkt *a*, bis zu welchem die Kurve rasch ansteigt, und von dem

Fig. 477.



weiter weit langsamer abfällt, um endlich noch einer Reihe von kleineren Auf- und Abschwankungen in die Abscisse zurückzusinken. Die letzteren Kurvenabschnitte, ihre Anstiegen und Senkungen bedeuten keine neu eingetretenen schwächeren Kontraktionen, sondern sind Wirkungen der Elasticität des Muskels, der durch das Gewicht des Hebelapparates, das an ihm lastet, gedehnt wird.

Gesehen davon lehrt die Beobachtung, dass unserer Voraussetzung entsprechend die Kontraktion des quergestreiften Muskels in dem kurzen Zeitraum des Bruchtheiles einer Sekunde, in etwa 0,8 Sekunde ganz dieselben Phasen zeigt, die wir an den glatten Muskeln beobachten können. Auch hier vergeht nach der Einwirkung des momentanen Reizes kurze Zeit, in welcher der Muskel noch in seinem ruhenden Zustande verharret, die Reizung bleibt noch in ihren Wirkungen latent — Zeit der latenten Reizung. Diese latente Reizung dauert etwa 0,04 Sekunde. Erst jetzt beginnt der Muskel seine Kontraktion, er allmählich das Maximum erreicht, um von da wieder nachzulassen und endlich ganz erschwanden. Der Herzmuskel, die Muskeln der Schildkröte geben sehr gedehnte Kontraktionskurven, ihre Zuckung läuft sehr langsam ab. Kälte und Ermüdung verändern den Ablauf der Muskelzuckung (VALENTIN u. v. A.).

HELMHOLTZ bestätigte sein Resultat noch mit Hülfe einer anderen Methode, wobei er die Kontraktion nach der sogenannten POUILLET'schen Methode bestimmte. VOLKMANN zeigte, dass der Kontraktionsvorgang im horizontal liegenden Muskel ganz in derselben Weise vor sich geht wie im aufgehängten, sodass das Resultat demnach von den Versuchsbedingungen unabhängig bleibt. Auch KÖNIG behält dagegen der Muskel, wenn er auf Quecksilber liegt, sonach gar nicht, nicht durch sein eigenes Gewicht belastet ist, ungefähr die Form der höchsten Verkürzung bei.

Die mitgetheilten Thatsachen lehren uns, dass der Vorgang der Kontraktion der animalen Muskeln ungemein rasch verläuft; es kann zwar durch ihn ein Gewicht gehoben werden, die Leistung, welche so rasch eintritt, geht auch ebenso rasch wieder verloren. Diese blitzschnellen Kontraktionen können es offenbar nicht sein, mit Hülfe deren der menschliche Körper Lasten hebt und sich selbst in gemessenem Schritt vorwärtsbewegt. Zu all diesen raschen bedarf es weit andauernde Kontraktionen als die sind, deren Verlauf das Myogramm uns aufgezeichnet hat.

Man ist im Stande, auch solche langdauernde, tetanische Kontraktionen an ausgetretenen Muskeln hervorzurufen, wie die, mit deren Hülfe der thierische Organismus lebt. Lässt man nicht nur einen rasch vorübergehenden Reiz auf den Muskel einwirken, sondern lässt man viele Reize (elektrische Schläge z. B.) sich so rasch folgen, dass die vom ersten hervorgerufene Zuckung beim Eintritt des zweiten noch nicht das Maximum erreicht hat, so setzen sich die Einzelerfolge der Reize zusammen, sodass eine stärkere und länger dauernde Zuckung — Tetanus — entsteht. Die Wirkung des zweiten Reizes erfolgt so (HELMHOLTZ), als ob die Länge, welche der Muskel unter der Einwirkung des ersten Reizes bereits erlangt hatte, seine natürliche wäre, sodass er sich noch um einen entsprechenden Bruchtheil dieser Länge verkürzt. Selbstverständlich nimmt dieser Verkürzungsüberschuss für jede folgende einem folgenden Reiz entsprechende Verkürzung ab, sodass der Muskel schliesslich eine konstante dem Tetanus entsprechende Form annimmt, welche durch

grössere Dicken- und geringere Längenausdehnung sich von der Form des ruhenden Muskels unterscheidet.

Während des Tetanus ist demnach der Muskel im Stande eine Zeit hindurch auf einer bestimmten Höhe zu halten oder einen länger andauernden Zug aufzuwenden, sodass dieser in einer bestimmten Stellung, solange die tetanische Kontraktion besteht, verharren kann. Die tetanische Kontraktion charakterisiert sich von Zuckungen. DU BOIS-REYMOND hat durch den unten zu besprechenden Tetanus den Beweis für diese Annahme geliefert. Derselbe bemerkte zuerst, dass die Rückenmarke aus tetanisirtes Thier (Frosch) ein tiefes Geräusch hören lässt (Schwingungszahl) hier unabhängig von dem Ton der Fäden des elektrischen Tones ist. Dieser Ton beruht auf dem Muskelton oder Muskelgeräusch, das tetanisirte Muskeln hören lassen (WOLASTON). HELMHOLTZ zeigte, dass die Schwingungszahl des Muskeltons (bei Tetanus durch Induktionsströme) gleich ist der Zahl der in der Sekunde wirkenden Reizungen. Der willkürlich tetanisirte Muskel zeigt einen Kontraktionston, den man am einfachsten Nachts bei verstopften Ohren bei der Kontraktion der Kaumuskeln hört, er macht 49,5 Schwingungen in der Sekunde. HELMHOLTZ übertrug das Resultat der künstlichen Reizung des Muskels auf die willkürliche Kontraktion, danach ist die Zahl der von den motorischen Centralorganen willkürlich zum Tetanus ausgehenden Reizungen 49,5 in der Sekunde. Nach HAUGHTON soll der Kontraktionston gleichfalls ein gewöhnlicher Muskelton sein. Man kann die Schwingungszahl, die dem Muskelton entsprechen, dadurch sichtbar machen, dass man sie auf eine schwingende Feder überträgt.

Reizt man eine beschränkte Stelle eines Muskels elektrisch, so pflanzt sich die Erregung auf die ganze Länge des Muskels fort (KÜHN) mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,8—1,2 Meter in der Sekunde nach AEBY und v. BILZ, bis zu 3 Meter. Auch diese Fortpflanzung der Erregung im Muskel sinkt mit zunehmender Kontraktionsgeschwindigkeit mit sinkender Temperatur. Die Kontraktion der Muskeln sieht man unter dem Mikroskop als Welle über den flüssigen Muskelinhalt hinübergehen.

Bei ausgeschnittenen Muskeln oder bei extremeren Graden der Ermüdung durch Ueberanstrengung oder durch Krankheit auch am lebenden Individuum bleibt dagegen nach einem lokal angebrachten Reiz die Kontraktion auf die lokal gereizte Stelle beschränkt. Man kann durch Klopfen mit dem Finger, durch Schlag mit dem Hammer eine wulstige Hervorragung der Muskeln durch örtliche Verkürzung erzeugen: SCHIFF's idiomuskuläre Kontraktion. Auch bei lebendigen Thieren sieht man beim Lebenden auf starke lokale Reizung neben der Allgemeinwirkung eine Hervorwulstung der direkt mechanisch gereizten Stelle eintreten. Hier tritt zunächst mit einem lokal sehr bedeutend gesteigerten Blutzufluss zu der gereizten Stelle ein, wie man bei mechanischer Reizung einer beschränkten Stelle der Herzwand des Frosches, z. B. durch Berühren mit einer Pincette, direkt anschaulich machen kann.

Nach E. WEBER's Theorie können wir uns die mechanischen Veränderungen, die der Muskel bei dem Uebergang aus dem ruhenden in den thätigen Zustand erleidet, vorstellen, dass dem gereizten Muskel durch den auf ihn ausgeübten Reiz, wie bei einer chemischen Veränderung des Muskels plötzlich herbeiführt, eine Veränderung seiner elastischen Kräfte eine eigene natürliche Form annehmen lässt, die sich von der natürlichen Form des ruhenden Muskels durch geringere Länge und grössere Dicke auszeichnet, gleichzeitig ist der gereizte Muskel weniger elastisch. Im Uebergang in den thätigen Zustand schnellt der unbelastete Muskel mit seinen elastischen Kräften aus der Form der ruhenden in die neue Form des thätigen Muskels, als ob er über die thätige Form hinaus bisher gedehnt gewesen wäre. Ist der Muskel durch ein Gewicht gedehnt, so zeigt er sich nach dem Uebergang in den thätigen Zustand noch seinen neuen Elastizitätsverhältnissen entsprechend gedehnt, er verhält sich weniger als der unbelastete gereizte.



mit haben wir den mechanischen Theil der Arbeitsleistung des Organismus in den Tagen durchgesprochen.

Wir einfach stellen sich nun die Verhältnisse, welche anfänglich so complicirt erscheinen. Wir finden wir den gleichen Bewegungsmodus der passiv bewegten Maschinentheile. Und es dieselben Muskelbänder, die durch ihre aktive Verkürzbarkeit, welche bedeutende Widerstände rasch zu überwinden vermag, gepaart mit einer grossen Elasticität und Arbeit, welche die nichtaktiv verkürzten Muskeln befähigt, allen Gestaltsveränderungen nachmassen sich anzuschmiegen, die sinnvollen Bewegungen ausführen, welche die musische Einrichtung der Gelenke gestattet.

## Die Chemie des Muskels als Bedingung seiner Lebenseigenschaften.

### Der Muskel als kraftproducirendes Organ.

Der Muskel ist auch das kraftproducirende Organ für die mechanischen Leistungen des Organismus, seine Bestandtheile haben wir als das »Heizmaterial« zur Krafterzeugung für die mechanischen Leistungen zu betrachten. Im Gegensatz zu dem eben aufgestellten Satze steht die Meinung, dass die wie der Stempel, Hebel und Räder einer Dampfmaschine nur Uebertragungsmechanismen einer an einem anderen Orte erzeugten Kraft seien. Von rein lässt sich dieser Gedanke nicht einfach zurückweisen. Einer älteren Meinung nahe, dass die Kraftquelle für die Muskelaktionen in den Organen des Nervensystemes gelegen sei. Die Nerven sollten die zugeführte Kraft dem Muskel zuleiten, der sie mit Hülfe des Skelets zu zweckvollen Bewegungen und Arbeiten verwendet. Die Meinung war widerlegt, als man fand, dass der Muskel auch noch zuckungsfähig bleibt, wenn er vom Rückenmark und Gehirn getrennt ist.

Wissenschaftlich begründet ist die andere Behauptung, dass die Kraftquelle für die Muskelaktion im Blute zu suchen sei, dass der Muskel die durch den Wechsel des Blutes erzeugte Kraft zu seinen Aktionen verwende. Im Grunde genommen ist also gleichsam den Heizapparat der Dampfmaschine; die Muskelaktion beruht in einer abwechselnden Verkürzung und Verlängerung beruht, würde man dies ebenfalls einfachen Bewegungen des Auf- und Niedergehens des Ventils vergleichen lassen, während das Knochengerüst den eigentlichen Mechanismus der Maschine entspräche. Die Nerven hätten dann die Aufgabe, durch ihren Anstoss Ventile, welche die im Blute erzeugte Kraft von dem ruhenden Muskel (dem Uebertragungsmechanismus) abhalten, so dass diese Kraft nun zur mechanischen Muskelarbeit verwendet werden kann.

Die Annahme, dass der Muskel nur der Uebertragungsmechanismus der im Blute erzeugten Kraft sei, ist mit dem Nachweis entkräftet, dass ausgeschnittene und vollkommen blutfreie Muskeln noch zuckungsfähig sind. Doch lehren meine Beobachtungen, dass wenn der Muskel auch blutfrei sein zu leisten vermag, er dann, wenn ihm Blut zur Verfügung steht, auch in diesem zur Arbeitsleistung verwendet. Es zeigt sich, dass ein blutfreier Muskel weit mehr Arbeit leisten kann als ein blutfreier. Dazu ergibt sich, dass das Blut während der Muskelaktion wesentliche Veränderungen, welche viel-

leicht als Zeichen von kraftproducirenden chemischen Vorgängen in ihm werden könnten, erleidet. Das Blut (vom Frosche) verliert durch die Muskelaktion (Tetanus des Gesamthieres) seine stark alkalische Reaktion wird neutral oder schwach sauer. Die procentische Menge der in ihm enthaltenen festen Stoffe nimmt dabei nicht unbeträchtlich zu, während der Wassergehalt entsprechend abnimmt. Von dem Gesichtspunkte, dass der Muskel von normalen Verhältnissen Ernährungsmaterial und Sauerstoff bezieht, ist die Beobachtung, dass die Anwesenheit von Blut die Arbeitsfähigkeit abnimmt, verständlich ohne die Annahme, dass das Blut die freien Stoffe selbst zuführt, welche der Muskel zur Arbeit verwendet. Das Blut entzieht mit Spannkraft an den Muskel ab, was ganz denselben Erfolg haben würde.

## Der chemische Bau des Muskels.

### Muskeleiweissstoffe.

Die quergestreifte Muskelfaser umschliesst mit einem elastischen Sarkolemma, den aktiv kontraktile Inhalt.

Man hielt früher das Sarkolemma aus elastischer Substanz bestehend, aber, wenn auch langsam, in Alkalien und Säuren, sowie im Magensaft, so dass die Substanz näher steht. Eine chemische Scheidung der optisch sich verhaltenden Substanzen des kontraktile Muskelfaserinhaltes ist noch nicht gelungen. Brücke fand, dass die aus seinen Disdiaklasten zusammengesetzten doppelt brechenden „Fleischprismen“ unter Einwirkung von sehr verdünnten Säuren ihre optischen Eigenschaften verlieren, sie quellen dabei auf. Dasselbe erfolgt durch Alkalien und Kochsalz, verändert sie nicht. — Der Inhalt der Muskelfaser, die kontraktile Substanz, besteht aus Myosin und Serum. Nach Kühne hat man bei der Muskelflüssigkeit wie am Blute zwischen Myosin und Serum zu unterscheiden, welche letztere nach einer freiwilligen Gerinnung als Myosinweissstoffes aus dem Plasma zurückbleibt.

Das Muskelplasma wird am besten aus frischen gefrorenen Froschmuskeln gewonnen, man das Blut entfernt hat, gewonnen. Sie werden bei  $-7^{\circ}\text{C}$ . im kalten Mehl zerrieben und dann in einer Presse gepresst. Es fliesst eine Flüssigkeit ab, die durch Filtration werden kann. Das Filtrat ist das Muskelplasma, schwach gelblich gefärbt, alkalisch reagirend. Es reagirt deutlich alkalisch (zeigt aber auch schwache Wirkung auf Lackmuspapier: amphichromatisch). Beim Stehen in der Zimmerwärme gerinnt das Plasma, es scheidet sich Myosin ab. Während der Gerinnung ändert sich die alkalische Reaktion nicht. Das Myosin ist eine gallertige, durchsichtige Substanz, die verhindert die Myosingerinnung, Wasserverdünnung, verdünnte Säuren reagiren an. In Kochsalzlösung von 40% ist das Myosin löslich, man kann es damit aus der Lösung ausziehen. Verdünnte Säuren lösen das Myosin und verwandeln es in Syntonin, saure Lösung koagulirt nicht beim Kochen. Syntonin lässt sich aus allen Muskeln und Organen darstellen.

Das Muskelserum ist die Flüssigkeit, welche nach dem Ausschleusen des Myosins zurückbleibt. Bei  $0^{\circ}$  aufbewahrt, behält es seine ursprünglich alkalische Reaktion bei, ebenso wenn es rasch auf  $45^{\circ}\text{C}$ . erwärmt wird. Bei gewöhnlicher Temperatur wird das Muskelserum bald sauer. Auf  $45^{\circ}\text{C}$ . erwärmt, scheidet sich ein Eiweisskörper aus, der nicht Myosin ist.

Ausser diesen beiden Eiweissstoffen enthält der Muskel noch einige weitere, davon ist Kasein (Casein), das sich auf minimalen Zusatz von



Die Milchsäure ausscheidet. Die Ausscheidung erfolgt aus dem Muskelserum beim Stehen gewöhnlicher Temperatur von selbst, indem sich Fleischmilchsäure bildet, welche das Kalbalbuminat fällt. Der zuerst entstehende Antheil von Milchsäure verbindet sich mit einem Theile der Basen des Muskelsaftes zu milchsäueren Salzen. Dadurch werden alle im Muskel enthaltenen Salze in saure Salze übergeführt, vor allem wird aus dem im Muskelsafte sehr häufig vorhandenen phosphorsauren Kali ( $2\text{KaO} \cdot \text{HO} \cdot \text{PO}_3$ ), indem sich ein Atom Kali mit Milchsäure vereinigt, milchsäueres Kali und saueres phosphorsaures Kali gebildet. Die Milchsäure theilt sich anfänglich also nicht direkt an der saueren Reaktion des Muskelsaftes. Die saure Reaktion im Muskel rührt im Anfang ihres Auftretens vor allem von dem sauren phosphorsauren Kali her. Das Kalbalbuminat ist in saurem phosphorsaurem Kali löslich, bei  $35^\circ\text{C}$ . fällt es aber heraus. Erst wenn also so viel Milchsäure entstanden ist, dass ein Ueberschuss davon frei im Muskelsafte sich vorfindet, fällt bei niedrigeren Temperaturen das Kalbalbuminat nieder. Es kann daher schon lange saure Reaktion im Muskel sein, ehe eine Eiweissfällung entsteht.

Ausser diesem Kalbalbuminat enthält der Muskelsaft noch eine nicht unbeträchtliche Menge von Serum-eiweiss, welche durch Erhitzen auf  $70-75^\circ\text{C}$ . koagulirt werden kann. KÜNE hat den Nachweis geführt, dass die genannten Eiweisskörper im Muskelsafte gelöst enthalten sind, der Muskelsaft ist, wie oben gesagt, eine Flüssigkeit, in welcher als feste Körperchen die Fleischprismen in regelmässiger Anordnung schweben. Welche Kräfte die Fleischprismen in ihrer Lage erhalten, ist noch nicht erforscht. KÜNE sah einen wurmförmigen Parasiten (*Myorhynchus Weismanni*) in einer lebenden Muskelfaser sich durch die Fleischprismen hindurch verdrängend, hin bewegen, was nur in einer wahren Flüssigkeit möglich ist. Die verdrängten Fleischprismen kehrten hinter dem Parasiten wieder in ihre regelmässige Stellung zurück. Die Lösung des Muskelplasmas ist nicht sehr konzentriert; der Längsmuskel der Säugethiere enthält etwa 25 pCt. feste Stoffe, die in 75 pCt. Wasser gelöst sind.

Ausser den genannten Eiweisskörpern findet sich im Plasma der Muskeln noch ein rother Farbstoff, der sich nach den neuesten Beobachtungen als mit den Haemoglobin chemisch und physikalisch identisch erweist.

PIOTROWSKI hat aus blutfreien Muskeln ein zuckerbildendes Ferment gewonnen. Freie Muskeln enthalten nach BAUCKE auch ein eiweissverdauendes Ferment: Pepsin. Mit dem Gehalt an Pepsin steht vielleicht auch das Vorkommen eines peptonartigen Eiweisskörpers im Zusammenhang, welches KÜNE als einen konstanten Muskelbestandtheil angiebt. Es ist nach diesen Funden nicht unwahrscheinlich, dass die festen Muskel-eiweissstoffe, um sich an dem allgemeinen Stoffaustausche mit theilnehmen zu können, sich erst in Pepton verwandeln; wodurch ihnen der Durchtritt durch die Zellmembranen ermöglicht wird.

### Fleischextrakt.

Die Untersuchungen LIEBIG's u. A. haben im Fleischsaft eine Reihe von sogenannten Extraktivstoffen kennen gelehrt, die wir vor allem als Zersetzungsprodukte aus den Eiweisskörpern entstanden ansehen müssen. Man pflegt sie in stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper einzutheilen.

Unter den stickstoffhaltigen Bestandtheilen sind Kreatin und Kreatinin zunächst zu nennen.

In dem alkalisch reagirenden Muskelsafte soll das Kreatinin nicht enthalten sein, dagegen findet es sich in stark sauren Muskeln. Es findet sich, wie ich bestätigen kann, im frischen Rindfleisch.

Der Gehalt des Fleisches an Kreatin beträgt zwischen 0,2—0,4 % (NEUBAUER, NAWROKI).

Berzfleisch fand ich den Gehalt von Kreatin im Gegensatz zu den früheren Angaben

entschieden geringer als in der Stammuskulatur desselben Thieres. Dafür findet man dort ein Gehalt an Kreatinin, der aber den Ausfall nicht vollkommen deckt.

Ausser den genannten Stoffen entdeckte STAECKER das von SCHUBA zuerst in Harn und im Herzfleisch gefundene Hypoxanthin (= Sarkin) als einen konstanten Bestandtheil. Ein mit diesem Körper nahe verwandter ist das auch im Fleischsaft vorkommende Xanthin. Die Gesamtmenge von Hypoxanthin und Xanthin im Fleische ist im Hundefleische etwa 0,25, im Ochsenfleische 0,15 p. Mille.

LIMPRICHT fand im Fleische junger Pferde und im Fischfleische Taurin, das nur als Bestandtheile der Muskeln von Mollusken kannte.

Harnsäure scheint hie und da im Muskel vorzukommen.

Ausser diesen basischen Stoffen fand LIEBIG im Fleische noch eine stickstoffhaltige Inosinsäure. In neuester Zeit hat unter HLASIWETZ Leitung J. WEIBEL einen stickstoffhaltigen, basischen, konstanten Bestandtheil des Fleischextraktes nachgewiesen, eine wesentliche Wirkung des Extraktes zuzukommen scheint. Derselbe hat die Formel  $C_7 H_8 N_4 O_3$ . Sie steht in Beziehung zum Theobromin:  $C_7 H_8 N_4 O_2$ , ist also Oxytheobromin. Die Formel des Kaffeeins ist ebenfalls sehr ähnlich:  $C_8 H_{10} N_4 O_3$ .

Unter den stickstofffreien Bestandtheilen des Fleischsaftes steht an Wichtigkeit die Milchsäure an. Die Fleischmilchsäure entsteht wahrscheinlich in geringer Menge im lebenden Muskel und vereinigt sich mit dessen basischen Salzen, die von da aus in das Blut übergehen, in welchem die Milchsäure als konstanter Bestandtheil auftreten. Bei der Säuerung des Muskels im Tetanus tritt zweifelsohne eine gesteigerte Bildung von Milchsäure ein. Nach den Beobachtungen von BOIS-REYMOND's wird die Milchsäurebildung im Muskel durch das Aufheben, durch welche wir auch die Gährungserscheinungen unterdrücken, aufgehoben, durch welche wir auch die Gährungserscheinungen unterdrücken, durch plötzliches Erhitzen auf 400°C. und plötzliche Alkoholeinwirkung. Man darf leicht folgern, dass die Säure durch eine Art von Gährung aus irgend einem im Muskel vorhandenen Kohlehydrat entsteht, ähnlich wie bei der freiwilligen Säuerung der Milch. Die Gesamtmenge der freien Säure existirt nach meinen Beobachtungen in jedem Muskel ein Maximum, das bei jeder Art des Absterbens erreicht wird. Dieses Säuremaximum ist bei verschiedenen Thieren verschieden, grösser in den leistungsfähigeren Muskeln. Die Sättigungskapazität der Schwefelsäure für Natron bezogen, fand ich die Säuremenge

Katzenmuskel . . . . .	0,272 0/0
Kaninchenmuskel . . . . .	0,225 „
Schweinemuskel . . . . .	0,492 „
Froschmuskel . . . . .	0,444 „

Hat das Thier (Frosch) vor seinem Tode sehr starke Muskelanstrengung gemacht, so ist das Säuremaximum im Muskel geringer, weil ein Theil der säureliefernden Substanz zersetzt und die aus ihnen gebildete Milchsäure in das Blut übergegangen ist.

SCHERER gewann aus dem Fleischextrakte auch Essigsäure, Ameisensäure, Buttersäure.

Blutfreie Muskeln der Thiere enthalten nach MEISSNER's von mir bestätigte einen wahren gährungsfähigen Zucker, Fleischzucker, der sich vom Traubenzucker zu unterscheiden scheint. Er entsteht zweifellos im Muskel selbst. MEISSNER fand in den Fleischern von Thieren, denen er längere Zeit vollkommen zuckerfreie Kost gab, dass er dem Muskel nicht durch das Blut aus dem hauptsächlich zuckerliefernden Leber, sondern aus der Leber zugeführt wird, konnte ich an künstlich entlebten Thieren, in deren Muskeln ich durch Tetanus den Zuckergehalt noch immer, wie bei lebenden Thieren, steigern konnte. Diese Zuckerbildung im Tetanus tritt auch bei solchen Thieren, dem Blutkreislaufe ganz entzogenen Muskeln ein.

SCHERER entdeckte eine nicht gährungsfähige Zuckerart (zuerst im Herzfleisch) Inositol.



BERNARD und KÜHNE fanden in den Muskeln von Embryonen Glycogen, das vollkommen dem Leberglycogen entspricht. M'DONNELL fand es in Muskeln neugeborener Thiere. In O. NASSE kommt es stets im Fleische vor. Vielleicht stammt das von LIMPRICHT in grossen Mengen aus dem Fleische junger Thiere, namentlich Pferde gewonnene Dextrin oder Fleischzucker aus Glycogen. Auch SCHERER fand im Fleische das Dextrin auf. Die Milchsäure des Fleischsaftes kann wohl aus jedem der vier letztgenannten Kohlenhydrate des Fleisches durch Gährung entstehen. LIMPRICHT zeigte, dass bei der Gährung des Fleischdextrins gewöhnliche Milchsäure entstand. Der feste Rückstand der Fleischbrühe besteht nach KELLER'S Angaben aus 82,2 pCt. anorganischer Salze (S. 155).

Ausser den bisher genannten Stoffen enthält jeder Muskel noch eine geringe Menge ungesättigten Fettes, dessen Natur noch nicht vollkommen aufgeklärt ist. Der Fettgehalt der Muskeln zeigt quantitativ bedeutende Schwankungen. Im normalen Herzen beträgt der Fettgehalt der trockenen Muskelsubstanz zwischen 7—13 pCt., bei der sogenannten fettigen Degeneration des Herzmuskels ist eine Vermehrung oft nicht nachzuweisen; der Fettgehalt des Herzmuskels steigt dabei von 10—11,4—16,7 pCt. (BÖTTCHER).

Ausser diesen Stoffen enthält der Muskel noch Gase und zwar dieselben, wie wir sie in den Geweben und Gewebsflüssigkeiten antreffen. Am leichtesten lässt sich der Kohlenstoffgehalt des Muskelsaftes anschaulich machen, der je nach dem physiologischen Zustande des Muskels (Ruhe oder Bewegung) Verschiedenheiten in seinen Mengenverhältnissen zeigt. Der Muskelsaft enthält auch Stickstoff und Sauerstoff, letzteren in grosser Menge. Das Haemoglobin des Muskels, der Muskelfarbstoff, bindet Sauerstoff und zieht ihn ab, ebenso wie das Haemoglobin des Blutes (KÜHNE).

Die glatten Muskeln zeigen im Allgemeinen ein analoges Verhalten wie die quergestreiften. RAYMOND fand ihre Reaktion stets neutral oder alkalisch. SIEGMUND will den kontrahierten Uterus sauer gefunden haben.

### Chemische Vorgänge im ruhenden Muskel.

#### Muskelrespiration.

Die chemische Muskelzusammensetzung ist wie die aller Zellen und Zellengruppen beständigen Schwankungen unterworfen. Schon während des ruhenden Zustandes finden fortwährend auf innere Oxydationen deutende Stoffveränderungen statt. Man fasst die in dieser Richtung bekannt gewordenen Thatsachen, die auf den Gaswechsel des Muskels beziehen, unter dem Namen der Muskelrespiration zusammen. Eine Anzahl der hierher gehörenden Verhältnisse haben bei der »inneren Athmung« (S. 457) und in der »Physiologie der Zellen« (S. 106 f.) Erwähnung gefunden.

Sie besteht im Allgemeinen aus einer Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels. Diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels zeigt sich schon daraus, dass das hellrothe Arterienblut aus den ruhenden Muskeln venös zurückkommt (S. 357), wie aus den übrigen Organen. Die Veränderung besteht in einer Verminderung des Sauerstoff- und Vermehrung des Kohlensäuregehaltes des Blutes, sie tritt auch ein, wenn man einen frisch geschnittenen Säugethiermuskel künstlich mit Blut durchströmt (LOWE u. A.). AL. v. HUMMOLDT hatte gezeigt, dass ausgeschnittene Froschmuskeln im Sauerstoff länger ihre Lebenseigenschaften behalten als in anderen sonst nicht giftigen Flüssigkeiten, zum Beweise, dass ein fortgehender Wechselverkehr des Muskels mit der Oxy-

dationsquelle zur Erhaltung seines Lebens unumgänglich nöthig ist. E. du BOIS-REYMOND und G. VON LIEBIG jun. haben gefunden, dass die Muskeln dabei Kohlenstoffabscheiden. Auch in anderen Gasen als im Sauerstoff geben die Muskeln eine lange Zeit lang Kohlensäure ab, auch nachdem das sauerstoffhaltige Blut aus dem Muskel fassen ausgespritzt ist. Ich habe mit DAXENBERGER die physiologische Dignität der Muskelrespiration wieder festgestellt, als sie durch L. HERMANN's (fehlerhafte) Sommertemperatur, cf. unten) angestellte Versuche zweifelhaft zu werden schien. Die Bildung von Kohlensäure ist das hauptsächlichste Endprodukt der Oxydation kohlenstoffhaltiger Körper, es ist somit sehr wahrscheinlich, dass die Muskelrespiration auf einer fortwährenden Oxydation gewisser Muskelstoffe beruht. Was direkt für Stoffe sind, aus denen die Kohlensäure sich bildet, ist noch nicht bekannt.

Ausser der Respiration findet sich noch eine weitere chemische Umwandlung im ruhenden Muskel: eine stetige Milchsäureproduktion. Der Muskelsaft reagirt bei gesunden ruhenden Muskeln schwach alkalisch oder neutral (E. du BOIS-REYMOND). Lässt man die Muskeln einige Zeit liegen, so geht die Reaktion endlich in die saure über, die schliesslich so stark wird, dass blaues Lakmuspapier vom Muskelsafte sehr lebhaft geröthet wird. Auch findet sich diese Milchsäurebildung auch im unversehrten Organismus, und sie wird dort larvirend durch die Wirkung der alkalischen Säfte: Blut und Lymphe, welche den Muskel umspülen und die gebildete Säure neutralisiren. In ausgeschnittenen Muskeln sind diese alkalischen Säfte nur in begrenzter Menge vorhanden. Sind sie neutralisirt, so tritt die saure Reaktion in Erscheinung.

So finden wir denn schon im ruhenden Muskel Kraftquellen: 1) Oxydationen, 2) Spaltungen (die Entstehung der Milchsäure), 3) Neutralisationen, auf denen Erzeugung von lebendigen Kräften beruhen.

Wirklich finden wir auch im ruhenden Muskel Kräftewirkungen, die auf jene Quelle als auf ihre Ursache zurückführen lassen. Es sind dies die mässig gerichteten elektrischen Ströme, die uns E. du BOIS-REYMOND bekannt gemacht hat: die elektrischen Muskelströme. Ob auch Wärme im ruhenden Muskel gebildet wird, ist noch nicht sicher erwiesen, wahrscheinlich es auch ist, dass die frei werdenden Kräfte nicht alle in eine andere Kräfteform übergeführt werden.

Bei ausgeschnittenen Muskeln mischen sich mit dem noch fortgehenden physiologischen Stoffumsatz auch jene oben S. 462 erwähnten freiwilligen chemischen Veränderungen des Fleisches, die schliesslich zur Fäulniss führen. Bei den Beobachtungen müssen diese letzteren Einflüsse durch niedere Temperaturen beseitigt werden (J. RANKE). Bei höheren Temperaturen wirkt die unter der Sauerstoffwirkung stattfindende beginnende Fäulniss so bedeutend, dass sehr dünne Froschmuskeln (Sartorius), die also eine sehr grosse Oberfläche besitzen, in Sauerstoff sogar lebendige Lebens Eigenschaften behalten als in indifferenten Gasen, z. B. Wasserstoff (J. RANKE), dasselbe fand ich für ausgeschnittene Froschnerven. Für alle dicken Muskeln bleibt dagegen die Beobachtung HUMBOLDT's bestehen. Unsere Versuche ergaben, dass der Vorgang der physiologischen Sauerstoffaufnahme steigt nicht, sondern fällt mit der Zunahme der Temperatur, bis er bei einer Temperatur, bei der der Muskel abstirbt, fast oder vollkommen der experimentalen Wahrnehmung verliert. Die Fäulnissaufnahme des Sauerstoffs steigt dagegen mit der steigenden Temperatur.



## Chemische Vorgänge im thätigen Muskel.

Die Krafterzeugung während der Thätigkeit des Muskels beruht, wie alle Erzeugung im Organismus überhaupt, im letzten Grunde auf einer Steigerung der uns bekannten chemischen kraftliefernden Vorgänge (zunächst im Muskel selbst (S. 100, 103). In zweiter Linie wirken auch gewisse physikalisch-muskelveränderungen mit, welche sich aber ebenfalls auf chemische Ursachen zurückführen lassen. Auch von Seite des Blutes, das dem Muskel zuströmt, eine Betheiligung statt (S. 625).

ATTUCCI und VALENTIN fanden zuerst, dass der isolirte thätige Muskel mehr Kohlensäure aushaucht, als der ruhende, man fand Hand in Hand mit dieser erhöhten Kohlensäureabgabe eine vermehrte Sauerstoffaufnahme aus der Umgebung. Als in neuester Zeit diese letztere Angabe bestritten wurde, bewies mit SCZELKOW und A. SCHMIDT, dass der isolirte, thätige Säugethiermuskel, wenn sie künstlich mit Blut durchströmen liessen, dem Blute wirklich mehr Sauerstoff entziehe, als der ruhende, sodass nun die grössere Sauerstoffaufnahme des Muskels bei seiner Aktion gleichzeitig mit seiner auch an dem Muskelblut nachgewiesenen gesteigerten Kohlensäureabgabe feststeht. E. DU BOIS-REYMOND hat gezeigt, dass der Muskel bei der Thätigkeit seine neutrale oder schwach alkalische Reaktion in eine saure umwandelt, was auf dem Auftreten von Fleischmilchsäure im Muskelsafte beruht.

Durch die neueren Untersuchungen steht es nun fest, dass der isolirte Muskel zu Zwecken seiner Thätigkeit von seinen eigenen Bestandtheilen verbraucht. Es werden durch die Thätigkeit des Muskels folgende Muskelstoffe vermindert: die Gesamtweißstoffe (J. RANKE, NAWROCKI), das Gesamtwasserextrakt (HELMHOLTZ, J. RANKE, NIEGETIET und HEPNER), die milchsäurebildenden Stoffe (J. RANKE), die kohlsäurebildenden Stoffe (J. RANKE) (der Muskel bildet nach starker Kontraktion weniger Milchsäure und Kohlensäure als nach längerer Ruhe), die leichtigen Fettsäuren (SCZELKOW), Kreatin und Kreatinin (VOIT).

Dieser Stoffverbrauch spricht sich, wie aus dem Gesagten hervorgeht, z. Thl. darin aus, dass gewisse Stoffe, die als Stoffwechselprodukte der Muskelkontraktion erscheinen, im thätigen Muskel sich vermehrt finden. So entspricht nachgewiesenermaassen dem Verbrauch der milchsäurebildenden Stoffe im Muskel die Neubildung von Milchsäure bei der Muskelaktion. Das Gleiche habe ich auch von den kohlsäurebildenden Stoffen im Verhältniss zur Kohlensäureabgabe des Muskels gefunden. So deutet also auch die nachgewiesene Verminderung der Alkoholextrakte des Muskels durch die Thätigkeit (HELMHOLTZ, RANKE, NIEGETIET und HEPNER), die Vermehrung des Aetherextraktes (J. RANKE), die Vermehrung des MEISSNER'schen Muskelzuckers (J. RANKE) auf eine Verminderung der betreffenden Mottersubstanzen.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass sich nach den bisherigen Ergebnissen der Untersuchung an dem gesteigerten Stoffumsatz des thätigen Muskels alle Stoffgruppen betheiligen, welche überhaupt im Muskel vorkommen (J. RANKE):

- 1) Albuminate (vielleicht z. Thl. die fettbildenden Stoffe),
- 2) krystallisirbare, stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte der Albuminate: Kreatin und Kreatinin,

3) milchsäurebildende und zuckerbildende Stoffe, wahrscheinlich meisten Theil Kohlehydrate, z. B. Glycogen,

4) flüchtige Fettsäuren oder flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe, vieler Theil Fette.

An der Kraftproduktion des thätigen Muskels theiligt sich auch das Blut, so lange die Bluteirkulation im Muskel erhalten ist. Der bluthaltige Muskel ist im Stande, eine grössere Gesamtarbeit zu leisten als der (J. RANKE). Ueberdies strömt zu dem thätigen Muskel im lebenden Organismus wie zu allen thätigen Organen eine grössere Blutmenge (cf. Blutvertheilung) sodass dem Muskel in Folge des Thätigkeitswechsels der (J. RANKE) während seiner Thätigkeit gesteigertes Material für den Stoffwechsel zu Gebote steht.

Die Theilnehmung physikalischer Momente an der Muskelaktion ist mehr indirekte. Sicher werden aber die chemischen Umsetzungen, welche die Kraft der Muskeln liefern, zum Theil nicht erst in dem Augenblicke geschehen, welchem die Muskelkontraktion erfolgt. An der allgemeinen Kraftproduktion des arbeitenden Muskels theiligen sich auch Spannkraft, welche durch physikalische Veränderungen der Organstruktur der Muskeln erzeugt und verwendbar werden. Das normale physikalische Verhalten des Muskels wie seine Elasticität und Dehnbarkeit, seine Imbibitionsfähigkeit, sind als Folgen seines normalen Stoffumsatzes im ruhenden Zustand aufzufassen.

In der Kohäsion der Moleküle des ruhenden Muskels ist eine Kraft aufgespeichert, welche durch plötzliche Veränderung in Folge Auswirkung (Säuerung in Folge der Nervenaktion) ausgelöst werden und Verwendung kommen kann. Die stärkere Dehnbarkeit des kontrahierten Muskels (S. 624), die ebenfalls nachgewiesene höhere Imbibitionsfähigkeit (J. RANKE) beweist uns, dass bei der Muskelaktion wirklich Veränderungen der Kohäsion eingetreten sind. Die Imbibition selbst liefert Kraft zur Muskelaktion mit Verwendung finden können (S. 443).

Unter die physikalischen Aenderungen des Muskels, welche zur Kraftproduktion Verwendung finden können rechnet C. VOIT auch die negative Schwankung der Elasticität. Er fasst diese dabei im Gegensatze zu E. DE BOIS-REYNOLD'S Theorie als Abnahme der Kraft der „elektromotorischen Muskeln“ auf.

Früher glaubte man auch aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen Schlussfolgerungen über Veränderungen des Muskelstoffwechsels bei der Muskelaktion machen zu dürfen. Die Untersuchung des Thätigkeitswechsels der Organe J. RANKE, S. 380, machte diese Annahme illusorisch und zeigte, dass die bei Muskelaktion etwa zur Beobachtung kommenden Veränderungen des Stoffwechsels nur in sekundären Veränderungen der Hauptstoffwechselbedingungen ihren Grund haben. An Arbeit nicht gewöhnte oder arbeitsgewohnte Organismen bei übermässigen Leistungen zeigen mit der Muskelaktion eine Steigerung der Athmung und Herzthätigkeit, welche eine Steigerung des Gesamtstoffwechsels im Organismus aber selbstverständlich mit der geleisteten Arbeit in keinem direkten Verhältnisse muss. Ist die Ausgleichung der Blutvertheilung bei dem Thätigkeitswechsel eine vollkommene, wie es bei der gewöhnlichen täglichen Beschäftigung der Fall ist, so wird der Stoffwechsel durch die Arbeit nicht gesteigert. Trifft dann ein Ruhetag ein, so tritt bei Arbeit der Verdauungsdrüsen vollkommen für die der Muskeln ein, sodass der Arbeits- und Ruhetag kaum ein merkbarer Unterschied in dem Stoffwechsel aufweist. C. VOIT hat ein annäherndes Gleichbleiben des Gesamtstoffwechsels



Thätigkeit der Muskeln für einen Hund und einen Arbeiter für einen grosseren Zeitraum werden. Ich u. A. haben gezeigt, dass man eine geringfügige Steigerung in der Stoffausscheidung im Harne in Folge von Arbeitsleistung beobachten kann, wenn man kleine Zeiträume (Stunden) mit einander vergleicht, die Steigerung tritt meist erst nach Arbeitsleistung hervor. Die beobachtete Steigerung im allgemeinen Umsatz bei Muskelthätigkeit leitet C. Voit von denselben indirekten Ursachen her, wie wir (Steigerung der Respiration und Herzthätigkeit). Es kommt hierzu noch ein weiteres Moment. Während der starken thätigen Muskelthätigkeit ist wie die Thätigkeit der Leber (Galleproduktion), so auch Thätigkeit der Niere vermindert (J. RANKE). Nach der Muskelthätigkeit tritt dagegen bei Niere eine sehr bedeutende Steigerung der Harnproduktion ein (J. RANKE, S. 344).

Der Nerve erscheint als ein vierter Hauptfaktor des Stoffwechsels (cf. S. 343), da er den Blutzufluss, d. h. den Zufluss von zersetzbarem Material zu den arbeitenden Organen, Muskeln, Nerven, Drüsen steigert.

Man hat sich gestritten, ob Eiweissstoffe oder Kohlehydrate und Fette zum Zweck der Kontraktion zersetzt werden. Nach den jetzigen Versuchsergebnissen ist der Streit einiger, es verbraucht der Muskel alle seine Stoffgruppen zum Zwecke der Kontraktion.

Die oben erwähnte gesteigerte Imbibitionsfähigkeit des Muskels macht den im normalen Organismus thätigen Muskel wasserreicher als den geruhten (J. RANKE).

Ganz wie gesteigerte Thätigkeit des Muskels wirkt in chemischer Beziehung die stärkere Anspannung (HEIDENHAIN).

### Ermüdung.

Die schönste Bestätigung, dass es sich um Stoffwechsel, d. h. Stoffzerlegung und organische Oxydationen bei der Kräfteerzeugung im Muskel und um Zersetzungen und Oxydationen im Muskel selbst handle, ergeben die Forschungen und Entdeckungen über Ermüdung (S. 407).

Die Ermüdung erfolgt nachgewiesenermaassen vor allem aus zweierlei Gründen:

1. durch Anhäufung von Muskelzersetzungsprodukten, der ermüdenden Substanzen im Muskel selbst (J. RANKE), und

2. durch Verbrauch des im Muskel abgelagerten, zur Oxydation nutzbar vorhandenen Sauerstoffs (PETTENKOFER und Voit).

Der Muskel ist, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, nach der Arbeitsleistung ein wesentlich anderer als vor derselben, während der Ruhe. In physiologischen und chemischen Eigenschaften sehen wir ihn verändert, es ist klar, dass diese Umgestaltung nicht ohne Einfluss sein kann auf seine Lebenseigenschaften. Die Veränderung aus den angeführten Ursachen trägt den Namen Ermüdung. Die Veränderungen, die man an dem Muskel nach dem Tetanus wahrnimmt, fasst man unter diesem Ausdrucke zusammen.

Am deutlichsten spricht sich bei der Ermüdung die Herabsetzung der normalen Erregbarkeit des Muskels aus. Dieselbe Reizstärke löst nach einem vorangegangenen ermüdenden Tetanus weniger Kräfte am Muskel aus als vor dem Tetanus. Die Hubhöhe des Muskels ist eine geringere für das gleiche Gewicht, die Muskelkurve am Myographion ist flacher, weniger steil ansteigend, es kann der Muskel bei der Ermüdung so weit sich steigern, dass gar kein Gewicht mehr gehoben werden kann. Die Ermüdung ist im gesunden, lebenden Organismus ein vorübergehender Vorgang, lässt man den ermüdenden Muskel einige Zeit lang ruhen, so stellt sich dadurch seine für den geruhten Zustand normale Erregbarkeit, seine normalen Eigenschaften wieder her.

alle Oxydationsprocesse zu ihrem Zustandekommen eine bestimmte Temperatur bedürfen, so ist es natürlich, dass die Erregbarkeit auch an das Vorhandensein einer solchen geknüpft ist; für eine mittlere Temperatur ist demnach die Arbeit am grössten, sowohl mit dem Steigen als mit dem Fallen der Temperatur nimmt sie ab. Wir haben darum auch die von HELMHOLTZ erwiesene geradlinige Erhöhung der Temperatur durch die Muskelaktion unter den gegebenen Momenten anzuführen.

Die diese Momente wirken sowohl im ausgeschnittenen als in dem noch in normalen Verhältnissen im Organismus befindlichen Muskel.

Das Hauptmoment der Wiederherstellung ist hingegen nur im letzteren Falle die Wegschaffung der schädlichen Stoffe durch die Cirkulation, des Blutes als der Lymphe. Eine ganz indifferente Flüssigkeit — 0,7<sup>6</sup>/<sub>0</sub> — 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — genügt, um alle Erscheinungen der natürlichen Ermüdung zum Verschwinden zu bringen, wenn sie in langsamem Strome analog der Cirkulation des Blutes durch die Adern des Thieres getrieben wird. Das Blut nimmt, während es durch die Muskelschläuche vorüberstreicht, durch Osmose die ermüdenden Stoffe auf und entfernt sie durch die Ausscheidungsorgane aus dem Organismus.

Es ist kein Zweifel, dass auch der Mangel an solchen Stoffen, welche im Muskel oxydirt werden können, Ermüdung herbeiführen könnte. Einen relativen Mangel in dieser Hinsicht bringt schon die angeführte Wasserzunahme des ermüdeten Muskels mit sich. Ich konnte erweisen, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels mit seinem Gehalt an festen Stoffen steigt und fällt, sodass ein Muskel so leistungsfähiger ist, je reicher er an festen normalen Muskelstoffen im Zustande der Ruhe gewesen ist. Nach langem Hunger, der die Muskelstoffe veratmet nach schlechter Kost, in verschiedenen Lebensperioden — Kindheit und Alter, die mit einer relativ geringen Menge fester Stoffe im Muskel Hand in Hand nach langer Unthätigkeit, die an Stelle der normalen Muskelarbeit die Fette treten lässt, also auch im zahmen Zustand der Thiere findet sich eine geringere Leistungsfähigkeit der Muskeln.

Die Versuche v. PETTENKOPF und C. VOIT's ergeben, dass die Arbeitsleistung des Individuums (ebenso des Muskels) von der Menge des Sauerstoffes abhängig sei, die es vor der Arbeitsleistung in sich gespeichert hat.

Es war bisher der Meinung, dass der Organismus und der einzelne Muskel den Sauerstoff, den er zu seiner Arbeitsleistung (den dazu nöthigen Oxydationen) bedarf, während der Arbeitsleistung direkt durch die Athmung beziehe, sodass die während der Beobachtung ausgeschiedene Kohlensäuremenge zugleich auch ein Maass abgebe für den in dieser Zeit aufgenommenen Sauerstoff. Jetzt ist nachgewiesen, dass dem durchaus nicht so ist.

Der Organismus bezieht seinen zur Arbeit zu verwendenden Sauerstoff nicht während der Arbeit von aussen, er benutzt zu seinen Oxydationen Sauerstoff, der schon in seinen Geweben gleichsam abgelagert war. Je mehr der Organismus Sauerstoff in sich aufgespeichert hat, desto grösser ist seine Arbeitsfähigkeit, wie sich von selbst ergibt; alles, was die Vermehrung von Sauerstoff in erhöhtem Maasse ermöglicht, steigert; alles, was sie hindert, vermindert die Arbeitsfähigkeit des Organismus. Wir sehen, alles, was wir über die oxydable Substanz im Organismus gesagt haben im Verhältniss zur Arbeitsleistung desselben, gilt auch von dem oxydirenden Stoffe, ohne den auch der oxydable Vorrath keinen Nutzen hat.

Im Gesunden wird während des Tages stets viel mehr Sauerstoff aufgenommen als im



Verhältnisse Kohlensäure ausgeschieden wird, während in der Nacht sich das Verhältniss umkehrt. Schon bei Muskelruhe ist dieser Antagonismus zwischen Tag und Nacht zu sehen, er spricht sich aber noch viel mehr bei Arbeit aus, wobei während der Arbeitsstunden die Kohlensäureabgabe sehr bedeutend gesteigert ist, während erst in der darauf folgenden Nacht der verbrauchte Sauerstoff wieder eingenommen wird. Bei Tage mehr der Sauerstoff, demnach offenbar von dem Sauerstoffvorrath, welchen er sich während der vorigen Nacht eingesammelt hat, ebenso leisten wir damit auch unsere Muskelarbeit (PETTENKOFER).

Die Zahl in der letzten Rubrik der folgenden Tabellen (PETTENKOFER und V. VALENTIN) zeigt die Verhältnisszahl, welche angiebt, wie viel Sauerstoff in der ausgeschiedenen Kohlensäure gegenüber 100 aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff sei. Wurde aller Sauerstoff zur Kohlensäurebildung verwendet, so müsste das Verhältniss der Kohlensäure zum aufgenommenen Sauerstoff gleich sein 100:100; dies ist nur bei Stärke- und Zuckerkost annähernd der Fall. Bei dem Menschen schwankt bei verschiedener Nahrung das Verhältniss zwischen 98 auf 100 aufgenommenen Sauerstoff.

## I. Ruhetag.

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff	
Tag (6—6 hor.)	582,9 Gramm	344,4 Gramm	21,7 Gramm	234,6 Gramm
Nacht „	378,6 „	483,6 „	15,5 „	474,9 „
Zusammen:	941,5 Gramm	828,0 Gramm	37,2 Gramm	709,5 Gramm

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass mehr Sauerstoff zur Kohlensäurebildung während der Tageszeit verwendet, als in der Respiration während derselben Zeit aufgenommen wurde. In der Nacht kehrte sich dieses Verhältniss um. Noch stärker treten diese Eigenschaften an einem ermüdenden Arbeitstag hervor.

## II. Arbeitstag.

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff	
Tag (6—6 hor.)	884,6 Gramm	4094,8 Gramm	20,4 Gramm	291,8 Gramm
Nacht „	399,6 „	947,3 „	16,9 „	639,7 „
Zusammen	1284,2 Gramm	5042,1 Gramm	37,3 Gramm	931,5 Gramm

An dem Arbeitstage wurde also mehr als doppelt soviel Sauerstoff am Tage in der Respiration ausgeschieden als in derselben Zeit aufgenommen wurde.

Am Tage während des Wachens wird danach jedenfalls ein grosser Theil der Kohlensäure auf Kosten des Sauerstoffs producirt, welcher in einer vorausgegangenen Zeit der Respiration des Schlafes aufgenommen wurde. Ebensoviel als wir an einem Tage mehr Sauerstoff verbrauchen, als an einem andern, ebensoviel nehmen wir in der darauf folgenden Nacht zum Ersatz auf, und so lange wir dies thun und vermögen, sind wir jeden Morgen der Arbeit gerüstet. Auch bei der Arbeit wird am Tage, trotz der sehr gesteigerten Muskelthätigkeit, nur eine sehr geringe Menge Sauerstoff mehr als während der Tageszeit bei Ruhe aufgenommen. Die Oxydation durchläuft Zwischenstadien, die den Sauerstoff stundenlang beschaffen, ehe er in der Form von Kohlensäure oder Wasser wieder austritt. Gegenüber hier demselben Verhältnisse, auf welches die Respirationsexperimente von WINTER-SCHLAF der Murmeltiere (VALENTIN) hinweisen. Die Thiere nehmen während des Winterschlafes häufig zwischen zwei Wägungen an Gewicht zu, trotzdem dass sie etwas Wasser und Kohlensäure an die Luft abgeben. Die Beobachtung, dass die arbeitenden Muskeln weniger Sauerstoff abgeben, als es dafür Kohlensäure aufzunehmen, ebenso wie die gleichen Gasverhältnisse im Blute erstickter Thiere Strömungen offenbaren auf derselben Ursache.

In Beziehung auf die Mengenverhältnisse des aufgespeicherten Sauerstoffs in den Muskeln siehe die Versuche von HENSEL, dass mit der Vermehrung des Eiweisses in den Muskeln

Fähigkeit des Körpers, während der Zeit der Ruhe und des Schlafes Sauerstoff zu verbrauchen, um ihn am Tage nach Bedürfniss zu verwenden, steigt und fällt. Ein wohl-organisierter Organismus kann also mehr Sauerstoff bei Nacht in sich aufspeichern als ein unorganisierter. So erklärt sich, dass, während jener am Morgen zur Arbeit geschickt nach vorausgegangener Ermüdung, letzterer sich noch matt und ermüdet zeigt. Versuchen, welche v. PETTENKÖPER und VOIT an Kranken, die sich durch besondere Kraftlosigkeit auszeichneten (Diabetes mellitus und Leukämie), angestellt sind, zeigt hervor, dass bei diesen ein ähnlicher Antagonismus zwischen Tag und Nacht, wie bei Gesunden zeigt, nicht existirt. Diese kraftlosen Kranken speichern bei Nacht keinen Sauerstoff auf, sodass sie am Tage für ihre Arbeitsleistung keinen Sauerstoffvorrath haben. Daher rührt es, dass sie durch die kleinste Anstrengung so rasch ermüden. Der schlechtgenährte Individuen können nur dann einige Zeit ohne Ermüdung arbeiten, wenn sie künstlich ihre momentane Sauerstoffaufnahme zu steigern vermögen. Am ehesten geschieht das durch Steigerung der Herzrhythmik, z. B. durch Alkohol. Wir haben hier eine Erklärung für die eigenthümliche Wirkung, welche wir den Alkohol ausüben sehen. Wir wirken gewisse andere Narcotica. Die Versuchsergebnisse selbst, auf die wir uns beziehen, sind folgende:

Zeiten	Diabetiker.				Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl.
	Ausgeschiedene					
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff	Zucker		
- 6 hor.)	359,3 Grm.	308,6 Grm.	29,6 Grm.	246,4 Grm.	278,0 Grm.	94
„	300,0 „	302,7 „	20,2 „	148,1 „	294,2 „	74
„	659,3 Grm.	644,3 Grm.	49,8 Grm.	394,5 Grm.	572,2 Grm.	84

zeiten	Leukämiker.			Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Ausgeschiedene				
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff		
— 6 hor.)	480,9 Gramm	322,4 Gramm	45,2 Gramm	346,2 Gramm	101
„	699,0 „	759,2 „	21,7 „	329,2 „	110
„	979,9 Gramm	1084,3 Gramm	36,9 Gramm	675,4 Gramm	105

Am Leukämiker fällt neben dem schon Erwähnten noch auf, dass hier bei Nacht Sauerstoff abgegeben wird als am Tage, was sonst immer umgekehrt der Fall ist.

### Todtenstarre des Muskels.

Zustand der definitiven Vernichtung der Muskelirregbarkeit, das Absterben des Muskels, zeigt einige Aehnlichkeit mit dem Vorgang der Zersetzung (S. 107). Schneidet man einen Muskel aus dem Organismus aus, so stirbt er trotz des Vorhandenseins erhaltender Momente ein fortschreitend ab. Es rührt dies daher, dass nach und nach die definitiven erhaltenden Momente vollkommen verbraucht werden und die Vernichtung vernichtenden die Oberhand gewinnen. Endlich hört die Irregbarkeit auf, bei Warmblüthern rascher, bei kaltblütigen Thieren langsamer: der Tod tritt ab. Dasselbe tritt ein, wenn der Muskel innerhalb des Organismus der Blutcirculation zu unterliegen, bei allen Muskeln nach dem Tode des Organismus oder lokal nach Verschluss einzelner arterieller Gefässe.

Die Irregbarkeit hört, wenn dies eingetreten ist, der normale Stoffwechsel im Muskel dadurch, dass sich die entstandenen Zersetzungsstoffe in ihm aufhäufen.



Es folgen daraus bald wesentliche chemische Veränderungen im Muskel, zunächst gerinnen die gerinnbaren Muskelsubstanzen, und saure Reaktion ein (HARLESS, KÜHNE). In Folge dessen nimmt das Muskelrohr ein trübes Aussehen und eine teigige Beschaffenheit an. verändert der ausgeschnittene Muskel seine Gestalt, er wird kürzer und vermindert etwas sein Volumen (SCHULEWITSCH). Sind die Muskeln in ihren natürlichen Verbindungen in der Leiche und die Glieder willkürlich verlagert, so nehmen durch diese Muskelverkürzung die gleichwegliche Stellungen ein, die gewöhnlich daran erinnern, als ob sämtliche Muskeln sich aktiv zusammengezogen hätten. Dieser Zustand der Muskeln, in der ganze Körper unbeweglich starr wird, trägt den Namen der Todtenstarre. Nach KÜHNE geht bei isolirten Muskelfasern der Todtenstarre meist ein tetanischer Tetanus voraus, der unmittelbar in die Todtenstarre überführt.

Mit dem Aufhören der normalen Oxydationen verschwindet neben allen Leistungen des Muskels auch sein elektrischer Strom. Nach Todtenstarre einige Zeit gedauert hat, hebt die eintretende Fäulniss die veraltete Gestalt des Muskels wieder auf, die Glieder der Leiche werden wieder beweglich. »Starre löst sich«. Die saure Reaktion des Muskelsaftes erreicht ein Maximum, nimmt wieder ab, wird neutral und geht durch Ammoniakbildung in alkalische über (S. 463).

Ist durch Tetanus im Leben schon ein grosser Theil der erhaltenden Momente verbraucht, so begreift es sich, dass die Starre schneller eintreten muss, so z. B. nach Strichung, bei gehetztem Wild, bei Tod in der Aufregung und Anstrengung der Schilddrüse. Warmblütern tritt ihrer höheren Temperatur wegen die Starre meist rasch nach dem Tode ein, bei Kaltblütern unter günstigen Umständen erst nach Tagen.

BRÜCKE verglich zuerst die Muskelstarre mit einem Gerinnungsvorgang; KÜHNE bestätigte diese Substanz zuerst dargestellt und so BRÜCKE's Vermuthung experimentell. Presst man einen Muskel, nachdem man durch Ausspritzen mit Kochsalzlösung das Blut entfernt hat, aus, so erhält man eine Flüssigkeit, die nach einiger Zeit gerinnt und sauer wird. Die Temperatur ist hierbei von Wichtigkeit, da die Gerinnung rascher eintritt, je höher die Temperatur ist; sie geschieht plötzlich bei einem Wärmeград, der für die Kaltblüter  $40^{\circ}\text{C}$ , für die Säugethiere und den Menschen  $53^{\circ}$  beträgt (KÜHNE). Die Erhöhung der Temperatur führt auch in frischen Muskeln Gerinnung herbei, aus welcher ein der Todtenstarre ganz ähnliche die »Wärmestarre« folgt. Bei  $40^{\circ}$  treten die ersten Gerinnungen im Froische ein, bei höheren Temperaturen erfolgen immer neue, bis endlich bei  $90^{\circ}$  die Gerinnung erfolgt ist. Das Serumweiß gerinnt bei  $75^{\circ}\text{C}$ . Wirft man dagegen Muskeln in siedendes Wasser, so bildet sich keine saure Reaktion aus (E. v. BOE). Alle Säuren, auch Kohlensäure führen zur Myosingerinnung im Muskel. Die spontan entstehende Säure ist Fleischmilchsäure nach DIACONOW auch Glycolphosphorsäure. Der Muskel bildet beim Erstarren auch Kohlensäure. Nach dem Tode vermindert der Glycogengehalt des Muskels.

Bei dem Muskel, der durch Unterbrechung der Cirkulation abstirbt, lässt sich Veränderungen noch nicht zu weit fortgeschritten sind, durch Wiederherstellung der Cirkulation die Erregbarkeit wieder hervorrufen (STENSON; BROWN-STODOLSKY spritzt arterielles Blut ein. Es genügt auch bei Säugethiern schon warme 1 pCt. Kochsalzlösung, die verlorene Muskeleerregbarkeit nach Unterbindung der Aorta, nach STENSON, Zeit wieder zurückzubringen (J. RANKE). Nach dem wirklich erfolgten Eintritt in die Starre, nach dem Gerinnen der gerinnbaren Muskelsubstanzen ist eine Erneuerung

Wenn eine Zufuhr arteriellen Blutes zu dem Muskel erfolglos, die Leistungsfähigkeit kehrt zurück (KÜHNE), wenn man nicht vorläufig das Myosingerinase durch 10% Kochsalzlösung wieder auflöst (PREYER).

### Muskelerregbarkeit und Muskelreize.

Wir müssen zum Schlusse dieser Betrachtung noch die Frage aufwerfen: Woher wird der Muskel in Bewegung versetzt, wodurch wird die Spannkraft, die in ihm angehäuft ist, in lebendige Kraft übergeführt? Auf den ersten Blick kann man die Ansicht fassen, es müsste der Muskel, in welchem ja beständig Kontraktionen frei werden, ebenso beständig auch Arbeit leisten. Es sind in ihm jedoch Kontraktionsverrichtungen gegeben, welche erst durch einen Anstoss von außen weggeräumt werden müssen, um den Muskel aus dem verkürzten in den ruhenden Zustand überzuführen. Dieser Anstoss wird durch die Muskelirritation erteilt. Die Ueberführung aus dem ruhenden in den thätigen Zustand ist die Erregung, die dem Muskel innewohnende Fähigkeit erregt zu werden, irritierbar: Irritabilität bezeichnet. Die Erregbarkeit erreicht bei jedem Muskel bei einer bestimmten Temperatur ein Maximum, nimmt also mit dem Sinken und Steigen derselben ab. Auch innere chemische Veränderungen (Erregung, Anhäufung der ermüdenden Stoffe durch mangelhafte Cirkulation etc., oder Ermüdung) setzen sie herab.

Der normale Reiz für den Muskel geht stets von seinem motorischen Nerven aus. Man war der Ansicht, dass es keine eigene Muskelirregbarkeit gäbe, dass alle auf den Muskel, wie man sich vorstellte, nur scheinbar direkt wirkenden Reize erst die im Muskel enthaltenen Nervenendigungen und nur durch deren Vermittelung indirekt den Muskel in den Erregungszustand versetzten. Es wurde über diesen Gegenstand lange nach beiden Seiten gestritten; der Streit hat sich erst absoluter Sicherheit für die direkte Muskelirregbarkeit entschieden.

SCHWANN vor allem hat die beweisenden Thatsachen dafür gewonnen. Er fand ganz nervenlosen Muskelstücken, wie bei dem Ende des Frosch-Sartorius, dass bisher das beste Mikroskop keine Nerven entdecken kann, dass sie auf ihre Thätigkeit versetzt werden können. Er fand Stoffe, welche nicht den Muskel, jedoch den Nerven erregen und umgekehrt. KÖLLIKER hatte schon früher gefunden, dass das südamerikanische Pfeilgift: das Kurare, die intramuskulären Nervenendigungen tödtet, ohne darum die Muskelirritabilität aufzuheben. Nach ihm ziehen sich Kontraktionen bei absterbenden Muskeln, welche auf die Reizstelle beschränkt bleiben, ohne Rücksicht auf den Verbreitungsbezirk der an diesen verlaufenden Nervenfasern, die meist zu der Zeit ihre Erregbarkeit schon verloren haben (SCHIFF, S. 624). J. ROSENTHAL hat gezeigt, dass zur Erregung des Muskels selbst ein ziemlich viel stärkerer elektrischer Reiz nothwendig ist, wenn der Reiz vom Nerven aus wirksam wird, was leicht bei mit Kurare vergifteten Muskeln zu beweisen ist. Die Stärke der Kontraktion nimmt durch das Absterben der Nervenenden nicht ab.

Die Lehre von den Muskelreizen hat für die Physiologie der Kontraktion eine hohe Bedeutung, da sie uns Fingerzeige dafür giebt, auf welche Weise wir uns das Zustandekommen der normalen vom Nerven aus erregten Muskelkontraktion zu denken haben.



Ausser dem normalen Nervenreize setzen den Muskel vor allem elektrische Reize und zwar rasch eintretende Schwankungen der Intensität auf den wirkender elektrischer Ströme in Erregung, wie das plötzliche Schliessen und Oeffnen eines konstanten Stromes. Tetanus kann durch rasch auf einander folgende Schliessung und Oeffnung hervorgerufen werden (cf. thierische Elasticität).

Auch die plötzliche Einwirkung gewisser chemischer Substanzen Muskelzuckungen hervor, und zwar erfolgt dies durch Applikation aller Substanzen, welche rasch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Muskelinhaltes hervorbringen. Es sind das allem Säuren, organische wie anorganische: Milchsäure und Salzsäure schon sehr verdünnt; auch Metallsalze, alle Kalisalze schon bei starker Verdünnung, in hoher Konzentration auch die Natronsalze. Verdünntes Cerin, Ammoniak, die Salze der Gallensäuren, destillirtes Wasser wenn es in die Muskelgefässe eingespritzt wird. Die meisten dieser Stoffe vom Nerven aus gar nicht oder in anderen Konzentrationsgraden. Auch eine schnelle Temperatursteigerung über 40 °C. wirkt auf den Muskel besonders leicht Berührung mit stark erhitzten Körpern: thermische Mechanische Alterationen, plötzliche, gewaltsame Gestaltsveränderungen Muskelfaser: Druck, Quetschen, Zerren, Dehnen, bewirken Erregung (s. im folgenden Kapitel).

### Das Turnen vom Standpunkte der Gesundheitspflege.

Das Turnen, eine methodische Ausbildung des gesammten willkürlichen Muskelsystemes, wird vor allem zum Zwecke der Erzeugung erhöhter Kraft und Gewandtheit geübt. Es hat diese Muskelübung einen sehr bedeutenden Werth für die Gesundheit. Unsere gesellschaftlichen Zustände bedingen bei einer grossen Zahl der Männer eine sitzende Lebensweise; die Arbeiten erfolgen entweder ohne Muskelanstrengung oder nur ganz einseitiger. Noch mehr fehlt dem weiblichen Geschlecht besonders in den oberen und mittleren Ständen eine genügende Muskelbewegung. Am wichtigsten wird daher die methodische Muskelausbildung und Uebung für die Erziehung der Jugend in den Schulen, in welchen sie zu übermässig langem Sitzen und Muskelunthätigkeit gezwungen werden.

Diese Vernachlässigung in der Benützung und Ausbildung der ihrer Masse nach wichtigsten Organe des menschlichen Körpers bleibt nicht ungestraft. Vor allem ist es die unregelmässige Cirkulation, welche unter dem Einfluss der Muskelunthätigkeit in der Blutvertheilung und Thätigkeitswechsel der Organe (S. 380). Der Blutzufluss wird in den Muskeln sehr bedeutend gesteigert. Indem sich das Strombette des Blutes in den Muskelsysteme erweitert, befindet sich eine grössere Menge von Blut in der peripheren Muskeln. Es werden dadurch die inneren Organe des Leibes: centrales Nervensystem, Lunge, Unterleibsorgane von einer übermässig angesammelten Blutfülle befreit, ihre Funktionen beeinträchtigte, die zu ihrem regelmässigen Zustandekommen einen fortwährenden Wechsel in der Menge des Blutes, das ihnen zugeführt werden muss. Vor allem zuerst macht sich, wenn die unthätigen Muskeln weniger Blut abgeben können, diese Störung der Cirkulation auf den Leberkreislauf, zu dessen Zustandekommen die geringste Kraftsumme disponibel ist, geltend, von hier aus aber sowohl auf den Darm als noch stärker auf den Darm und die übrigen Unterleibsorgane, deren Venen in die Leber abfliessen muss. Es bilden sich krankhafte Erweiterungen der Venen, die langsamer abströmende, sich gleichsam anstauende Blut. Die Anhäufung des venösen Blutes in den Unterleibsorganen giebt schliesslich Gelegenheit zu der Ausbildung von

schliefes, welches von Aerzten und Nichtärzten als sogenanntes «Hämorrhoidalkeiden» gebietet wird, welches wir mit den mannichfaltigsten Störungen, namentlich auch bei dem weiblichen Geschlechte, auftreten sehen.

Durch Muskelthätigkeit wird, abgesehen von dieser Blutentlastung der inneren Organe, die Ernährung der Muskeln gesteigert. Bei methodischer Uebung nehmen neben gesunder eiweissreicher Nahrung die Muskeln erstaunlich in kurzer Zeit an Masse zu. Dabei sinkt das Fett des Körpers entsprechend ab, weil, solange verhältnissmässig viel Fett vorhanden ist, bei der Muskelarbeitsleistung vor allem Fett verbrennt (v. PUTTENKOFER und VOIT). Anwesenheit des Fettes setzt aber durch Verminderung der Gesamtblutmenge die Funktionen im Organismus herab; je mehr wir dagegen Fleisch = Muskeln am Körper haben, desto energischer verlaufen diese Prozesse der organischen Verbrennung, auf welcher schliesslich das Leben beruht. Die letztgenannten Forscher und HENSEBERG haben, wie wissen, gezeigt, dass auch die Sauerstoffaufspeicherung im Schlafe bei muskelkräftigen, eiweissreichen Organismus bedeutender ist als bei unthätigen, essarmen. Auf diesem Vorrath von Sauerstoff in den Organen beruht wohl zum Theil das Kraftgefühl, das Gefühl von Wohlbefinden, welches wir als das hervorragende Charakteristikum der Turner, Bergsteiger und Fusswanderer kennen.

Die Verbesserung der allgemeinen Muskelnernährung macht ihren Einfluss auch auf das Herz geltend. Umgekehrt nimmt mit der Schwächung der Gesamtmuskulatur auch die Leistungsfähigkeit des Herzens ab. Dadurch tritt in noch anderer Art, als oben angegeben, eine Cirkulationsstörung ein. Die Blutcirculation wird durch die geringere Energie der Herzaktion verlangsamt. In derselben Zeit strömt also an allen Organen weniger Blut über; die Zersetzungsprodukte der Organe, welche wir meistens als Hemmungen der Thätigkeit kennen gelernt haben, häufen sich nothwendigerweise in gesteigertem Maasse an den Organen an. Vor allem machen die betreffenden Stoffe ihre storenden Wirkungen auf die Muskeln und das Nervensystem geltend. Es treten durch ihre Anwesenheit in den Organen jene bekannten Zustände der Halbermüdung ein, welche als sichere Folge der Unthätigkeit erscheinen. Die Unlust zur Bewegung kann sich schliesslich bis zur wirklichen Unfähigkeit dazu steigern. Die häufige Muskelschwäche des weiblichen Geschlechtes beruht zum Theil auf diesem Grunde. Für weniger angestrenzte Muskeln habe ich direct einen höheren Gehalt an den betreffenden ermüdenden Zersetzungsprodukten erwiesen.

Durch Muskelbewegung sehen wir zuerst vor allem die Herzaktion und die Athemthätigkeit gesteigert. Die daraus folgende Beschleunigung der Blutcirculation macht sich sogleich auf die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Organen geltend. Die «ermüdenden Stoffe», welche der Organzerstörung entstammen, werden abgeführt. Die thätigsten Muskeln im Organismus sind am armsten an diesen Produkten. Daher kommt es, dass die anfängliche Ermüdung, die wir nach längerer Ruhe zur Muskelanstrengung fühlen, unter der Bewegung abnimmt, schliesslich verschwindet und in das Gefühl des Wohlbehagens übergeht. Die Muskelanstrengung, welche wir sonst als einen Ermüdungsgrund kennen, wird hier zur Ursache des Kraftgefühles. Gleichzeitig beruht das Kraftgefühl auf der reichlichen Blutversorgung und Ernährung des thätigen Muskels. Nach einer ermüdenden Fusswanderung ist Appetit und Durst bedeutend gesteigert: der Magen, dem für die Muskeln das Blut entzogen wurde, bringt uns die daraus folgende Blasse seiner Schleimhaut zum Bewusstsein (133). Reichliche Nahrung führt im folgenden Schlafe zu einer reichlichen Anhäufung von Sauerstoff; wir erwachen dann nach Muskelanstrengung mit gesteigertem Kraftbewusstsein.

Ähnlich, wie auf das Muskelsystem, wirkt die Muskelaktion auch auf die Nerven: jene gesteigerte Reizbarkeit mit Schwäche, welche Jedermann als Erscheinung der Nervenermüdung kennt (cf. das folgende Kapitel), sind ebenfalls Folgen der Anhäufung der ermüdenden Stoffe im Nervensystem. Auch aus ihnen werden sie durch die gesteigerte Circulation entfernt. Am deutlichsten wird für die subjektive Empfindung diese Reinigung der Nervensubstanz durch Bewegung (gesteigerte Blutcirculation) am Gehirn; objektiv (experimentell)



mentell) lässt sich dieselbe mit ihren Folgen an allen Nerven nachweisen. Wir hebt sich die geistige Missstimmung von der Stirne weg, wenn wir nach langer Berufstätigkeit bei einer frischen Fusswanderung (Turnen) unserem Muskeln Recht gewähren.

Noch zwei heilsame Momente kommen im Gefolge der Muskelarbeit zur Geltung: arbeitende Organismus verliert in sehr hohem Maasse Wasser und Wärme und erhöht Steigerung seines Wärmeabgabevermögens. S. 568 ist auf das letztere schon aufgemacht worden. Es rührt offenbar daher, dass die gesteigerte Blutzufuhr zu den rischen Organen des Körpers, zu den Muskeln, wobei auch eine Erweiterung der Gefässe erfolgt, die Wärmeabgabe durch Steigerung der Warmedifferenz zwischen erwärmten Körperoberfläche und der äusseren Umgebung (Luft etc.) vergrössert. Vermehrung der Wasserabgabe durch Muskelthätigkeit ist am schlagendsten durch Versuche v. PETTENKOFER'S und VOIT'S anschaulich gemacht worden. Sie haben gezeigt, dass im Gefolge der Muskelarbeit die Wasserabgabe nicht nur während der Arbeit, sondern auch für die darauf folgende Zeit der Ruhe (im Bett) sehr beträchtlich werde. Sie fanden bei demselben Manne:

Die Wasserabgabe am Tage während der Ruhe	344,5 Gramm
„ „ „ „ „ „ Arbeit	4094,8 „
„ „ bei Nacht „ „ Ruhe	183,6 „
„ „ „ „ „ „ Arbeit	947,3 „

Wir sehen, dass mässige Arbeit und Muskelbewegung den Organismus von seinen Organen aufgespeicherten Wassermenge befreit, ebenso wie wir das von eiweissreicherung gesehen haben. Nach v. PETTENKOFER'S Annahme ist aber der erhöhte Wasserverbrauch des Organismus eine disponirende Ursache zu verschiedenartiger Erkrankung. So kann auch nach dieser Seite die methodische Muskelanstrengung als Präservativmittel betrachtet werden.

Die sogenannte Heilgymnastik bezweckt, und sicher für entsprechende bedeutender Wirkung, eine methodische (passive) Uebung einzelner Muskeln oder Muskelgruppen, welche durch krankhafte Verhältnisse in höherem oder geringerem Grade ihrer Ausbildung beeinträchtigt wurden. Da (passives) Dehnen und Zusammenpressen analog der Muskelzusammenziehung die Blutzufuhr zum Muskel steigert, so kann diese Art der Gymnastik ganz in dem Turnens etc. wirksam werden. Hauptsächlich wird es sich zur Unterstützung der elektrischen Muskel- und Nervenreizung empfehlen oder für geringere Fälle derselben ersetzen können.

Zum Schlusse muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass Alles, was von der Muskelarbeit gesagt wurde, nur seine Geltung behauptet bei genügender zeitlicher (eiweissreicher) Ernährung. Bei schlechtgenährten Individuen wirkt die Arbeit den Organismus auf. Uebermässige Muskelanstrengung bei sonst in der Nahrung genügend scheinender Nahrung kann ebenfalls Anlass zu den verschiedensten Störungen geben (cf. S. 249).

## Zwanzigstes Kapitel.

### Allgemeine chemische Nervenphysiologie.

(Chemische Physiologie der motorischen Nerven.)

#### Allgemeine Wirkungsweise der motorischen Nerven.

Die Bedingungen der Krafterzeugung liegen alle im Muskel selbst.

Man könnte sich vorstellen, und in manchen krankhaften Fällen ist es wirklich so, dass die Muskeln auch im lebenden Organismus in Folge ihrer spezifischen Erregbarkeit durch Reize, welche sie direkt treffen, in Thätigkeit versetzt werden. Idiomuskuläre einfachen oder tetanischen Zuckungen würden für den Organismus kaum Etwas zu leisten vermögen\*). Nur dadurch wird die Kontraktion zu dem, was sie für den Organismus sein soll, dass sich die einzelnen Muskelzuckungen zweckmässig mit solchen anderer Muskeln verbinden. Dadurch, dass sich gleichzeitig oder abwechselnd gewisse Muskelgruppen anspannen und erschlaffen, werden die Bewegungen hervorgebracht, auf denen Ortsveränderung des gesammten Körpers zum Aufsuchen eines körperlichen Umschlusses oder Bedürfnisses, die körperliche Abwehr einer drohenden Gefahr beruhen.

Es sind die Nerven, welche die rohe Muskelkraft dem Principe der Zweckmässigkeit unterordnen.

Wir finden im lebenden Organismus wie gesagt fast niemals eine Verwerfung der spezifischen Irritabilität des Muskels zu Bewegungsvorgängen, stets werden diese vom Nervensysteme aus vermittelt. Es gab eine Zeit, in welcher man glaubte, dass durch den Nerven dem Muskel eine Bewegungskraft vom Gehirn aus zugesendet werde, welche im Muskel direkt in mechanische Arbeitsleistung übergeführt würde. Man versteht so, wie man dazu kommen könnte, die Erregbarkeit des Muskels zu bezweifeln, ihm nur die Rolle eines Kraftübertragungsmechanismus zuzutheilen. Einer der Hauptgründe gegen die Annahme, dass die Nerven einfache Leiter einer Bewegungskraft seien, wie die Röhren, welche den erhitzten Dampf unter den Kolben der Dampfmaschine führen, ist, dass schon sehr minimale Reize, welche den ausgeschnittenen Nerven, so wie die Antriebe vom Gehirn aus den in normaler Verbindung befindlichen, in Thätigkeit versetzen, hinreichen, um eine grosse Kraftleistung des dazu

\* ENGELMANN behauptet normale automatische Kontraktionen für den Ureter.



gehörigen Muskels herbeizuführen. Ein elektrischer Strom, dessen Bewegungskraft kaum mit den feinsten Hilfsmitteln nachgewiesen werden kann,  $\approx 0$  ist, ist im Stande, vom Nerven aus wirkend, einen Muskel zum Heben grossen Gewichten, zu grossen mechanischen Leistungen zu veranlassen. Anseits erreicht die Nervenregung bald ein Maximum, über das hinaus eine stärkere Zuckung des Muskels mehr hervorruft, sodass also mit der Stärke der im Nerven strömenden Bewegungskraft keine Steigerungen in den Leistungen des Muskels eintreten, wie sie doch erfolgen müssten, wenn die Muskelarbeit übertragene Nervenkraft wäre. Dabei ist die vom Muskel geleistete Arbeit weit grösser, als sie der Nervenkraft entsprechen würde. Wäre die Muskelarbeit eine Uebertragung der Nervenkraft, so müsste sie, da bei allen Uebertragungsvorgängen nothwendig ein Theil der zu übertragenden Kraft unverwendbar kleiner, nicht grösser sein, als letztere.

Das Kräfteverhältniss in Muskel und Nerven entspricht sonach den bekannten Hemmungs- oder Auslösungsvorrichtungen bei Uhrwerken und Maschinen, durch welche mit einer minimalen Kraft eine ganze Reihe fortgesetzter mechanischer Leistungen ausgelöst werden kann. Eine gespannte Feder, welche ein Räderwerk in Bewegung setzt und dadurch Arbeit leistet, liefert ihren Leistungen dadurch, dass man irgendwo einen unter den gegebenen Bedingungen für sie unüberwindlichen Widerstand: eine Hemmung anbringt, der fortdauernden Spannung, unterbrochen werden. Ist die Hemmung zweckmässig eingerichtet, so genügt ein minimaler Kraftaufwand zur Seite zu schieben und das Uhrwerk in Gang zu setzen. Eine sehr kleine Kraft wird dadurch Ursache verhältnissmässig sehr bedeutender Wirkungen. Die Kräfte der Feder werden durch das Wegräumen der Hemmung ausgelöst. Im Muskel haben wir eine der im oben geschilderten Uhrwerke ähnliche Wirkung von Spannkraften, die durch den Nerven ausgelöst werden. So wird, wie es möglich ist, dass der Aufwand von Nervenkraft nicht im Verhältniss der Gleichheit steht zur erzeugten Muskelarbeit.

Die Nervenelectricität findet im folgenden Kapitel ihre Darstellung.

### Zur Anatomie der motorischen Nerven.

Die Blutgefässe der Nerven sind in Anordnung und Zahl sehr verschieden an den Nervenfasern und Nervenzellen. Bei ersteren sind sie sehr ähnlich wie bei dem Muskel in regelmässigen langen Maschen an den Fasern verlaufend, die ganglienzellenhaltigen Nerventheile dagegen enthalten ein sehr viel verflochtenes Kapillarnetz (Fig. 178).

Man hat sich lange bemüht, die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln zu erforschen. Die Untersuchungen von KRAUSE u. A. zeigen, dass die Nervenendigungen in direkte Berührung treten mit dem Inhalte der Muskelrohre. In allen quergestreiften Muskeln endet der Nerve unter der Hülle unter Verschmelzung der SCHWANN'schen Scheide mit dem letzten Markscheide begleitet den Axencylinder bis zu dieser Stelle. Das Ende des Axencylinders entspricht einer Ausbreitung mit bedeutend vermehrter Oberfläche, welche im Allgemeinen durch eine flach ausgebreitete Verzweigung gebildet

ervenendplatte ist bald mehr membranartig, bald einem Fasersystem bar. In den meisten Fällen ruht die Platte auf einer Sohle von Kernen körnigem Protoplasma (Fig. 179). Die Nervenendigung bildet in der Regel kontraktile Substanz eine hügelartige Erhebung mit nahezu kreisförmiger Basis: den Nervenbühl.

### Physikalisch-chemische Nerveigenschaften.

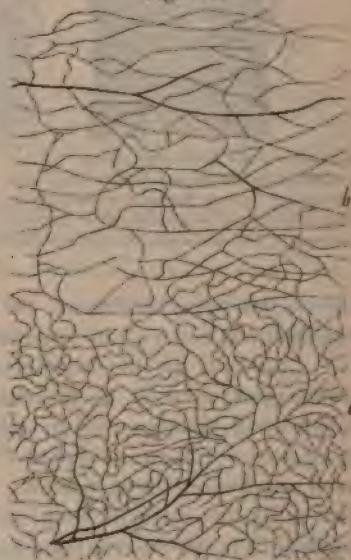
Verständnisse der Lebensbedingungen des Nerven müssen wir seine chemischen und physikalischen Eigenschaften in derselben Weise studiren, wie bei den bisher besprochenen Organen und Muskeln gethan haben.

Die mechanischen Eigenschaften, die wir einer eingehenden Prüfung unterworfen interessiren uns weit weniger: Der Nerve ist von dem thätigen nicht in dem verschieden, es zeigt sich an ihm eine Gestaltsveränderung analog der Muskelcontraktion, die uns zu Untersuchungen über Elasticitätsverhältnisse veranlassen. Er ist keinem höheren Maass von Zug ausgesetzt, denen er durch eine gewisse Festigkeit genügen müsste. Mit dem Auge schon nimmt man an ihm die typische Querstreifung wahr, die den Fasern der FONTANA'schen Bänderung trägt. Diese sehen einer senkrecht auf die Längsrichtung verlaufenden regelmässigen Faltung oder Querschrägung der Fasern verdankt. Die Nerven sind länger als es zur direkten Verbindung der Arbeitsorgane mit den Centralorganen, Rückenmark und Gehirn nöthig wäre, und es ist sich stattfindenden Gestaltsveränderungen der Glieder, die den Nerven zu dehnen durch Verstreichen dieser Fältchen anpassen können.

Der eigentliche Schwerpunkt ist auch bei der Untersuchung der Nerven chemischen Bedingungen ihrer Kraftherzeugung zu legen, die zweierlei insofern wir einmal elektrische Ströme an ihnen in gesetzmässiger Richtung im Muskel beobachteten analog wahrnehmen (E. DU BOIS-REYMOND), die dem Wechselverhältniss zu der Stärke der Lebensbedingungen und der chemischen Zusammensetzung der Nerven stehen und sich mit diesen ändern; andererseits die Nerven eine Kraft entwickeln sehen, als deren Resultat die Contraction des dazu gehörigen Muskels oder die Empfindung in den nervösen Organen erfolgt.

SCHWANN'sche Nervenscheide scheint wie das Sarkolemma nicht aus einer elastischen Substanz zu bestehen, sie zeigt sich ebenfalls weit löslicher.

Fig. 478.



Gefässe der Hirnsubstanz des Schafes nach einer GEBLACH'schen Einspritzung, a. der grauen, b. der weissen Substanz.



Der Inhalt der Nervenröhren ist, wie aus allen bisherigen Untersuchungen so wenig vollständig sie sein mögen, hervorgeht, ein äusserst zusammengesetztes.

Fig. 179.



Muskelfasern mit Nervenendigungen von *Lacerta viridis*. a. Im Profil gesehen. PP die Nervenmasse aus granulirter Masse und Kernen bestehende Sohle der Platte. b. Dasselbe in der Aufsicht von einer Muskelfaser, deren Nervenende vermuthlich noch erregbar ist. Die Formen der mannichfach verzweigten Nerven sind im Holzschnitte nicht durch so scharfe und blasse Konturen wiedergegeben, dass sie der Wirklichkeit entsprechen könnten. c. Dasselbe wie es nach dem Tode des Nervenendes, sowie zwei Stunden nach Vergiftung durch Dosen Kurare erscheint.

ebenso der Nervensubstanz, die Ganglienzellen in ihrer Masse enthält, die verständlich isolirt nicht untersucht werden können.

Ueber die specifischen Eigenschaften der in der Nervenmasse vorkommenden Eiweissstoffe ist noch wenig Sicheres bekannt. Doch scheinen die Ganglienzellen mehr Eiweissstoffe zu enthalten als die Fasern, da die graue Hirnmasse weit mehr Stickstoff enthält als die weisse, welche der Hirnmasse nach aus Nervenfasern besteht (J. RANKE). Nach HORPE-SYLLER enthält das Gehirn Casein, auch die Anwesenheit von Myosin ist wahrscheinlich. Die Eiweissstoffe sind in der Nervenfasern im Axencylinder angehäuft. Im Nerven findet sich das den Axencylinder umhüllt, findet sich Lecithin und Protagon, aus welchen durch weitere Zersetzungen die Masse der früher als Bestandtheile des Nervengewebes beschriebenen Stoffe entsteht (S. 66 und 77), vor allem cerinphosphorsäure.

Fig. 180.



Corpuscula amyloidea aus dem Gehirn des Menschen.

Das Protagon bildet unter Umständen jene eigentlichen Gerinnungsformen im Nervenmark, die man nach Namen Myelinformen belegt hat.

In der Gehirnoberfläche finden sich öfters Stärkemehl ähnliche Körnchen, Corpuscula amyloidea, sie scheinen stickstoffhaltig (C. SCHMIDT) und durch Jodkalium-Iodlösung schmutzig violett (Fig. 180), sie enthalten auch Cholesterin.

BIBRA erhielt aus dem Gehirne eine grosse Reihe von Fettsäuren, die sich nach ihren Schmelzpunkten verschieden verhalten, die zwischen 18° R. liegen. Ausserdem fand er eine ölige Säure, welche erst bei 100° R. starre und einen Körper, welcher erst bei 75° R. schmolz.

n Interesse ist der enorme Reichthum der Nervensubstanzasche  
 er Phosphorsäure und phosphorsauerer Alkalien neben sehr geringen  
 phosphorsauerer Erden, phosphorsauerer Eisenoxyds, Chloralkalien und  
 sauerer Kalis (BRED). Die Asche der an Nervenzellen reichen grauen  
 se scheint wesentlich verschieden von derjenigen der markhaltigen,  
 Fasersubstanz, indem erstere nach LASSAIGNE stark alkalisch reagirt, letz-  
 ter, von der freien Phosphorsäure herrührend. Der Nervenzelleninhalt  
 das phosphorhaltige Protagon danach in geringen Mengen zu enthalten.  
 wies diesen Mangel an Protagon direkt für die Nervenendplattensubstanz  
 welche mit dem Axencylinder hierin übereinstimmt.

#### Physiologische Aenderungen in der chemischen Nervenzusammensetzung.

e beim Muskel, so haben wir auch bei den Nerven zu unterscheiden zwei-  
 em Zustand der Ruhe, dem Zustand der Thätigkeit und dem Zu-  
 les normalen Absterbens. Der Zustand der Thätigkeit unterscheidet  
 n dem Zustand der Ruhe äusserlich nicht, es sind nur innere Molekular-  
 ge, welche die Nerventhätigkeit charakterisiren. Das chemische Verhalten  
 vensubstanz ist im Allgemeinen dem der Muskelsubstanz ganz analog.

is ruhende Nervengewebe zeigt wie das ruhende Muskelgewebe einen fort-  
 enden Stoffwechsel. Es ist lange bekannt, dass das arteriell in das Nerven-  
 eintretende Blut aus diesem venös zurückkommt, also beladen mit den  
 ten der organischen Gewebsoxydation, namentlich mit Kohlensäure. Die  
 chungen von W. MÜLLER konstatirten in dem Gehirne die uns meist schon  
 m Muskelgewebe bekannten Stoffwechselprodukte: Inosit, Milchsäure,  
 nsäure, Essigsäure, Kreatin, Harnsäure, Hypoxanthin, Leucin.

n habe nachgewiesen, dass das ruhende Nervengewebe (Gehirne von  
 ) ganz wie das Muskelgewebe eine Gewebsrespiration zeigt. Das  
 rische Gehirn haucht Kohlensäure aus und nimmt dafür Sauerstoff aus der  
 chäre auf. Auf 24 Stunden berechnet fand ich die Kohlensäureabgabe im  
 m zu 7,73 Milligramm, die Sauerstoffaufnahme zu 2 Milligramm bei einem  
 t der Nervensubstanz von 2 Gramm. Es existirt also auch hier, wie bei  
 websrespiration und der Athmung im Allgemeinen keine genaue Kongruenz  
 en dem aufgenommenen Sauerstoff und der abgegebenen Kohlensäure, 2  
 mm Sauerstoff sollten 14,3 Milligramm Kohlensäure liefern.

über die Grösse des Stoffwechsels im ruhenden Nervengewebe gaben uns  
 gebrachten Angaben den ersten Aufschluss. Meine neuen Untersuchungen  
 en Blutgehalt der Organe lehrten uns, dass die ruhende Nervensubstanz  
 (und Rückenmark) ziemlich den gleichen Blutgehalt, bezogen auf ihr  
 gewicht, haben wie die ruhenden Muskeln. Letztere enthalten (bei Kaninchen)  
 tel 5,44%, die Nervensubstanz 5,52% Blut. Die Intensität des Stoff-  
 ls wird sonach in beiden Gewebsgruppen nahezu identisch sein.

er thätige Zustand der Nerven unterscheidet sich von dem ruhenden Zustande  
 eine Steigerung des normalen Organstoffwechsels. FUNK und ich haben  
 wiesen, dass die normal schwach alkalische zum Neutralen sich neigende  
 m des ruhenden Nervengewebes durch starke Thätigkeit in eine saure



Reaktion sich unwandelt. Am deutlichsten ist diese Veränderung an den nervösen Centralorganen, doch fehlt sie auch an den Nerven nicht. Die Versuche gelingen am besten am Frosch. In dem unverletzten Nervismus tritt bei der Thätigkeit des Nervengewebes auch eine gesteigerte Zufuhr zu demselben ein und zwar sowohl zu den nervösen Centralorganen als zu den Nervenstämmen. Der gesteigerte Blutzufluss führt das zur Erhöhung des Nervenstoffwechsels erforderliche Material: Sauerstoff und oxydable Stoffe. Eine Steigerung der Gewebsrespiration ist bei der Nerventhätigkeit nicht festgestellt. Von weiteren Veränderungen in dem chemischen Verhalten der thätigen Nervensubstanz im lebenden Organismus habe ich bei Frosch keine Veränderung im Wassergehalt der nervösen Centralorgane und Nerven gefunden, während dagegen bei den Nervenstämmen eine Wasservermehrung durch den Tetanus, wie sie sich bei Muskel findet, wahrscheinlich ist. Die centrale Nervensubstanz der Frosch, auch die graue Nervenmasse der Säugethiere und des Menschen normal, ist reicher als das Blut. Bei der Steigerung der Diffusion zwischen den Flüssigkeiten und der centralen Nervensubstanz, wie sie durch den gesteigerten Stoffwechsel bei der Thätigkeit der letzteren bedingt wird (S. 118), werden feste Stoffe aus dem Blute in jene eintreten und sie dadurch relativ wässriger machen. Die Veränderungen des Wassergehaltes sind von dem grössten Einfluss auf die Nervenirregbarkeit. Eine Wärmebildung im thätigen Nerven behauptet VALENTIN.

**Der Zustand des Absterbens** charakterisirt sich bei dem Nervengewebe, dem Muskel- und Drüsengewebe durch eine Vermehrung der Konsistenz (BOIS-REYMOND) und Auftreten einer saueren Reaktion (FRANK, J. RANKE). Man bezeichnet diesen Zustand, analog wie bei dem Muskel, als Nervenstarre. Auch bei diesem Zustande findet Kohlensäurebildung und Sauerstoffverbrauch statt. Die Vermehrung der Konsistenz beruht auf der Gerinnung des Myelins (Myelingerinnung) und auf Gerinnung der Eiweissstoffe im Axon. Die Starre löst sich in der Folge durch Fäulniss.

Es giebt bei dem Nerven wie bei dem Muskel auch eine Wärmebildung. Erwärmt man die Gehirnmasse von Tauben auf 45—55 °C., so tritt rasch eine saure Reaktion ein. Erhitzt man dagegen rasch auf 100 °C., so bleibt wie bei Muskel die Reaktion alkalisch (J. RANKE).

**Die normale Erregbarkeit des Nerven**, seine Fähigkeit durch einen Reiz aus dem thätigen Zustand überzugehen, ist von seiner normalen chemischen Constitution bedingt. Die spezifische Erregbarkeit des Nerven ist im Allgemeinen grösser als die der Muskeln, gleich starke Reize wirken auf den Nerven stärker erregend als auf den Muskel ein, dessen Nervenendigungen durch Korallen vergiftet wurden.

Alle Veränderungen des normalen chemischen und physikalischen Verhaltens der Nervensubstanz bewirken eine Erhöhung, in der Folge eine Verminderung der Erregbarkeit. Diese Erhöhung der Erregbarkeit darf nicht als eine Steigerung der Eigenschaften des Nerven betrachtet werden, sie ist im Gegentheil das

er **Nervenermüdung**, deren zweites Stadium erst eine Herabsetzung der Erregbarkeit ist.

Veränderungen in dem Nervenstoffwechsel und damit Erregbarkeitsveränderungen treten ein, wenn der Nerve von seinem lebenden Centralorgane abgetrennt wird, oder durch Schnitt oder durch Absterben des letzteren. Wir sehen hier seine Erregbarkeit zuerst beträchtlich zu-, dann bis zum Erlöschen abnehmen. Die dem Centralorgan näher gelegenen Nervenstrecken zeigen diese Erregbarkeitsveränderungen früher als die entfernteren (RITTER-VALLI'sches Gesetz), Anlegen eines Stimulus beschleunigt den Ablauf des Vorgangs (J. ROSENTHAL). Ebenso wirkt jede Unterbrechung der normalen Thätigkeit des Nerven: Ruhe, durch Verwundung oder Lähmung seines Erfolgsorgans. In beiden Fällen ist die normale Erregbarkeit der Nerven gestört, es zeigen sich, wenn der Nerve im Körper verbleibt, in der Folge chemische und morphologische Veränderungen, die man als Degeneration bezeichnet. Auch durch die Thätigkeit wird die Erregbarkeit des Nerven zuerst erhöht, in der Folge vermindert, oder bei übermässiger Thätigkeit sogar vernichtet. Auf die Wirkung anhaltender Thätigkeit kann durch eine kurze Erholung folgen; auf anhaltende Ruhe bringt, wenn die Erregbarkeit nicht vollkommen verloren ist, vorsichtig und langsam wieder eingeleitete Thätigkeit die Erregbarkeit zurück, ein Hauptprincip der Nerven- und Nerven-therapie. Ganz analog ist die Wirkung der Wärme unter 45 °C. auf den Nerven. Sie bewirkt zunächst eine Steigerung der Erregbarkeit, um so höher, je höher die angewendete Temperatur ist. In der Folge sinkt dann die Erregbarkeit, und zwar schneller bei höheren Temperaturen. Temperaturen über 45 °C. vernichten die Erregbarkeit um so schneller, je höher sie sind, bei 70 °C. ist die Erregbarkeit augenblicklich. Bis zu 50 °C. ist durch Wiederabkühlen eine Erholung des Nerven möglich (J. ROSENTHAL, AFANASIEFF u. A.). Mechanische Alterationen: Zerren, Quetschen etc., erhöhen auch zunächst die Erregbarkeit (J. RANKE und CORNET), um sie dann zu vernichten. Dasselbe ist von groben chemischen Nervenalterationen, z. B. Vertrocknen, bekannt. Verwundungen und plötzliche Temperatursteigerungen wirken als Reize (cf. unten).

Die Ursachen der Erregbarkeitsveränderungen liegen, wie gesagt, in chemischen Schwankungen innerhalb der Nervensubstanz.

Bei Absterben, durch Thätigkeit, durch Wärme, durch Vertrocknen geht die alkalische Reaktion des Nerven, wie wir sahen, in eine saure Reaktion über. Hand in Hand mit Säurebildung gehen Veränderungen im Wassergehalt des Nerven, und es häuft sich Kohlensäure an. Andererseits muss durch Mangel seiner normalen Thätigkeit, die mit einer Säureproduktion verknüpft ist, die alkalische Reaktion des Nerven gestört werden. Dazu kommt noch, dass aus den Gewebsflüssigkeiten Stoffe in die nervösen Centralorgane eintreten können, z. B. Kalisalze, Harnstoff, Kohlensäure etc. (cf. oben), welche die Erregbarkeit wesentlich modificiren.

Die Versuche haben gezeigt, dass eine künstliche Ermüdung des Nerven möglich ist, durch Imprägniren desselben mit denselben Stoffen, welche wir (S. 634) als «ermüdende Stoffe» für den Muskel und eben erst als Stoffwechselprodukte der Nervensubstanz kennen haben. Auch bei der künstlichen Ermüdung der Nerven steigt, wie bei der natürlichen, die Erregbarkeit zunächst an, um darauf zu sinken. Durch Neutralisation und Auswaschen der ermüdenden Stoffe kehrt die alte Erregbarkeit wieder zurück. Die ermüdenden Stoffe für den Nerven sind: alle Säuren und Alkalien, sowie die sauren und alkalischen Salze, von den neutralen Salzen die Kalisalze. Ebenso ermüdend wirkt jede Ver-



änderung im Wassergehalt, sowohl eine Zunahme als eine Abnahme desselben. Die schon Veränderungen brauchen nur ganz minimal zu sein, um schon sehr wesentlichen Veränderungen in der Erregbarkeit herbeizuführen. Von der Kohlensäure beobachtet man nur eine die Erregbarkeit vermindemde Wirkung, die Nervencentralorgane sterben, die Nervenstämmen bleiben aber unter ihrer Einwirkung lange fortgesetzt in weichen Grade erregbar. Der Nerve bedarf wie der Muskel zur Erhaltung seiner Erregbarkeit längere Zeit keine Neuzufuhr von Sauerstoff, er besorgt zunächst seine physiologischen Oxydationen aus dem in ihm aufgespeicherten Sauerstoff (S. 633). Die Thätigkeit, seine Ermüdung, seine Restitution nach Ermüdung durch Unschädlichkeit, Entfernen der ermüdenden Stoffe verlaufen in einer Wasserstoffatmosphäre oder sauerstoffhaltiger Luft. Der Nerve bei höheren Temperaturen stirbt in Wasser rascher ab als in Wasserstoff (J. RANKE, PFLÜGER und EWALD), er verhält sich dünner Muskel (S. 630).

Die Zunahme der alkalischen Reaktion tötet den normalen Nerven. Ammoniakdämpfe tödten ihn ohne vorhergehende Erhöhung der Erregbarkeit, aber auf einen künstlich oder physiologisch gesauerten Nerven Ammoniakdampf so steigt, wie durch andere Alkalien, die Erregbarkeit des Nerven. Bei Nerven künstliche Steigerung ihrer Alkalinität in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt sind, gegen Säuren die normale Erregbarkeit zurück. Es stimmen diese Verhältnisse des Zellprotoplasma beobachteten (S. 406) vollkommen überein.

Die physiologischen und pathologischen Schwankungen der Nervenregbarkeit ebenfalls auf diesen chemischen Ursachen. Bisher ist davon vor allem die Wirkung des Wassergehaltes der Nerven in verschiedenen Lebensaltern, Intelligenz etc. untersucht. Kindliches Alter und Ernährungsstörungen (Marasmus, Schwäche) sind durch grösseren Wasserreichtum, manche Krankheiten, z. B. mit einer Abnahme von Wasser in der Nervensubstanz verknüpft. Beide Ursachen zunächst eine Steigerung, zuletzt eine Schwächung der Erregbarkeit. Der mittlere Wassergehalt des Froschnerven beträgt 75% (Minimum 72%, Maximum 79%), des Nervenlebens fand ich zwischen einem Wassergehalt von im Minimum 60% bis Maximum 89%. Schon eine ganz geringe Menge ermüdender, in den Froschnerven den Stoffe führt seinen Tod herbei: von neutralen Kalisalzen (Chlorkalium) bis Tod eines Froschischidiakus nur 0,2 Milligramm; von Säuren etwa 1 Milligramm; stes tödtet Phosphorsäure; von Kali 0,35 Milligramm. Es geht weiter aus dem hervor, dass der Nerve eine Säuerung, wie sie physiologisch im Tetanus besser verträgt, als eine Zunahme seiner normal schwach alkalischen Reaktion.

### Nervenreize.

Wie für den Muskel die normale Erregung stets von den Nerven herkommt, so werden den Nerven die Anstösse zur Erregung bei normalen Verhältnissen von den nervösen Centralorganen aus vermittelt.

Ähnlich wie der Muskel besitzt auch die Nervenfasern ihre eigene Erregbarkeit, sodass sie auch abgetrennt von den Centralorganen noch in den erregten Zuständen überzugehen vermag; unter normalen Bedingungen wird diese Erregbarkeit jedoch ebenso wenig zur Bewegungsvermittlung benutzt wie die muskuläre. Die Unterordnung der Bewegungen unter das Prinzip der Zweckmässigkeit für die Bedürfnisse des Organismus ist also nicht sowohl den Nervenfasern selbst als den nervösen Centralorganen übertragen. Ein mechanischer Reiz auf die Kontinuität des Nerven ausgeübt, wie Durchschneiden, Zerschneiden, Quetschen bringt Muskelzuckungen hervor, die aber ebenso wenig für

zu leisten vermögen, wie die durch direkte Reizung des Muskels entstehen.

Das Studium der Nervenreize hat selbstverständlich den Hauptzweck, den Vorgang der Nervenregung von den Ganglienzellen aus zu erklären. Therapeutischer Hinsicht ist es nöthig, Nervenreize zu kennen, welche dann, wenn der Zusammenhang der Nerven mit den Centralorganen gestört und damit die Nerven und Muskeln gehemmt ist, leicht gestatten, die betreffenden Thätigkeiten doch noch zeitweise in Thätigkeit zu versetzen, um sie den tödtenden Folgen der Unthätigkeit zu entziehen. Auch für diagnostische Zwecke sind solche Reizungen vonnöthen, um zu entscheiden, ob bei gewissen krankhaften Zuständen die Muskel- und Nervenregbarkeit fortbesteht oder nicht. Zu diesen Zwecken eignet sich vor allem die elektrische Reizung des Nerven durch kleine von Intensitätsschwankungen, Unterbrechen und Schliessen eines konstanten elektrischen Stromes. Ausgeschnittene Nerven und das Rückenmark reagieren, wie wir sehen werden, auf sehr starke und sehr schwache Ströme, die von konstanter Intensität längere Zeit durchfliessen (cf. folgendes Kapitel).

Chemische Reize für den Nerven bedürfen alle einer stärkeren Concentration als die Muskelreize (Krönke). Als solche sind concentrirte Lösungen Mineralsäuren, concentrirte Milchsäure und Glycerin, Alkalien, Alkalien zu nennen. Ammoniak und Metallsalze, die den Muskel erregen, tödten den Nerven, ohne Zuckungen auszulösen. Auch Wasserentziehung (durch Salze) wirkt bei einem gewissen Stadium erregend. Höhere Temperaturen tödten den Nerven bekanntlich, eine Temperatur von 40–45 °C. erregt ihn, ohne zu tödten.

Für Erregung des Nerven ist es erforderlich, dass rasch chemische (oder physikalische) Aenderungen in ihm eingeleitet werden (cf. Muskelreize S. 639), woraus primär eine Erhöhung seiner Erregbarkeit hervorrufen. Von Salzsäure und vom gasförmigen Ammoniak beobachteten wir bei normalen Nerven sogleich Verminderung, resp. Vernichtung der Erregbarkeit, sie führten in Folge davon keine Erregung der Nerven hervor. Der Vertrocknungsreiz könnte vielleicht in dem durch sie veranlassten Auftreten einer Säure im Nerven beruhen, welche wohl auch als der normale physiologische Reiz des Nerven, sowie der Ganglienzellen und der Muskeln, angesehen werden kann, da wir sahen, dass in ihnen eine Säure im Tetanus entsteht.

Die rasche Bildung der Säure bei der Muskelaktion könnte vielleicht auf chemische Zersetzung vom Nerven aus beruhen.



### III. Thierische Elektrizität.

#### Einundzwanzigstes Kapitel.

#### I. Der Muskel- und Nervenstrom.

In der Betrachtung der Lebesenseigenschaften der Muskeln und Nerven sind schon mehrmals die elektrischen Ströme an diesen Organen erwähnt worden. Vorhandensein und gesetzmässigen Verlauf sowie ihre Veränderung unter dem Wechsel der Lebensbedingungen der Organe, in denen sie sich finden, ist von E. du Bois-REYMOND der Wissenschaft gelehrt worden.

Ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand wurde bisher darum unterlassen, weil die betreffenden Erscheinungen, so innig sie mit dem physiologischen Leben der Organe zusammenhängen, doch ein abgeschlossenes Forschungsfeld für sich darstellen, seitdem von E. du Bois-REYMOND das Grundgesetz für die motorischen Wirkungen erkannt und dargestellt hat.

Es liegt uns die Zeit nicht ferne, in der man die Lebensvorgänge als ein Spiel elektrischer Kräfte — elektrischer Spannungen, elektrischer Ströme — auffassen zu müssen meinte. Mit welcher Energie und welchem Zeitaufwand damals diese elektrischen Ungleichartigkeiten, die Alles erklären zu können gesucht. Die wesentlichste Frucht dieser Bemühungen war die Entdeckung, dass der Frosch einen elektrischen Strom: Froschstrom zeige, der von den Füßen zum Kopf verläuft.

E. du Bois-REYMOND entdeckte, dass alle lebenden Nerven und Muskeln wahre Elektromotoren seien, dass ihre elektrische Kraft der Stärke ihrer sonstigen Lebesenseigenschaften entspreche und mit dem Leben übereinstimme. Mit der Ruhe und Thätigkeit der Muskeln und Nerven zeigt das motorische Verhalten derselben einen gesetzmässigen Zusammenhang. Der sogenannte Froschstrom ist das Gesamtergebnis der elektrischen Muskel- und Nervenströme. Die elektrischen Ströme in Muskeln und Nerven finden sich nicht bloss bei den kaltblütigen, sondern sind den Muskeln und Nerven aller untersuchten Thiere, auch des Menschen eigenthümlich.

#### Zur Geschichte der thierischen Elektrizität.

In keinem Gebiete der Naturforschung hielt sich eine wissenschaftliche Theorie als in dem uns vorliegenden. Hochtrabende Hypothesen, auf mit halbem Auge Trugbilder gestützt, bildeten bis auf unsere Tage die Hauptmasse ihres wahren

ische Elektricität war fast Nichts als eine Reihe mehr oder weniger  
 und daran sich knüpfender Vermuthungen. Als Wissenschaft ist  
 in Entdeckungen du Bois-Reymond's datirend. Sein Werk:  
 Elektricität, erschien 1848.

aus waren es die statisch-elektrischen Erscheinungen,  
 welche die Wünsche und Hoffnungen derer gerichtet  
 rischen Elektricität befassten (E. du Bois-Reymond).  
 tierischen Theilen: Federn, Pelz, getrockneten  
 und glaubte, wenn dies gelang, damit die  
 an die im Nerven wirksame Kraft nannte,  
 eben Beobachtungen herbei, die oft  
 zu schaffen hatten: das Leuchten  
 zten der Augen eines Zornigen etc.  
 gestellte Versuche sind jedoch aus jener  
 einen Isolirstuhl und untersuchte, ob an ihnen  
 der Art nachweisen lasse. Hier steht an der Spitze  
 ate keine Regelmässigkeit in den elektromotorischen Erscheinungen.  
 e kurzweg richtig der Reibung der trockenen, leicht elektrisirbaren  
 leidern, z. B. bei dem Athmen, zu. HAMMER und GARDINI wollten in einer  
 unabhängig von einander gemachten Untersuchungen bei Gesunden als das  
 ne positive Elektricität gefunden haben. In Krankheiten solle diese verschwinden  
 umkehren (1794—98). AHRENS machte unter PFAFF's Leitung (1817) mit den besten  
 n und der grössten Sorgfalt ähnliche Untersuchungen, in denen er die positive  
 des gesunden Menschen bestätigte. Abends, bei reizbaren Menschen, nach dem  
 stiger Getränke, ist die Menge der Elektricität grösser. Die Frauen sind häufiger  
 ktrisch als die Männer, ohne dass man jedoch hierin eine feste Regel gefunden  
 d. J. hat diese Versuche wiederholt und fand stets auch bei den Leichen posi-  
 cität, er leitete sie von der mit dem Versuche nothwendig verknüpften Reibung  
 dermis ab (1834). In neuerer Zeit sind von MEISSNER in dieser Richtung Versuche  
 ht worden.

in diesen Beobachtungen geht unstreitig hervor, dass bei Anstellung der betref-  
 sache ein Quell von vornehmlich positiver Elektricität gegeben sei. Es  
 ass diese aber in der Reibung an den Kleidern und Apparaten beruhe. Man ist  
 ie n Beobachtungen im Stande, den Körper des Menschen auf dem Isolirschemel  
 einbar vollkommen zu entladen und durch Reiben an der trockenen Epidermis;  
 aber durch Bürsten der Haare dem Körper seine positive Elektricität wieder zu  
 Steigt zu einer vollkommen entladenen Person eine noch geladene auf den Isolir-  
 o strömt auf erstere ein Theil der Elektricität der anderen Person über, die vor-  
 ne zeigt sich wieder geladen. Bei dem Wiederherabsteigen der zweiten Person  
 erste in manchen Fällen mit negativer Elektricität geladen zurück. Sowie die  
 it wird, z. B. bei stärkerer Körperbewegung, bei feuchter Luft, fehlt alle Spur von  
 elektricität. Die ganze Frage selbst hat darum für die Physiologie wenig oder  
 rth, weil die Spannungselektricität, wenn auch solche im Körper, wie sehr wahr-  
 ist, sich bilden sollte, beständig mit der Erdelektricität sich ausgleichen muss,  
 eine Isolation stattfindet, sodass sich also nie irgendwie beträchtliche Mengen an-  
 anen. Uebrigens ist die Spannungselektricität zur Hervorrufung von örtlichen  
 , worauf es in den Organismen allein ankommen würde, nicht geeignet.

Jut und thierische Absonderungen wurden auf freie Elektricität unter-  
 elbstverständlich erst nach dem Herausnehmen aus dem Körper entstanden sein  
 diesen die Bedingungen der elektrischen Isolation nicht gegeben sind. Harn und  
 r Spinnen fand man negativ elektrisch, das Blut positiv.  
 besprochenen elektrischen Erscheinungen haben mit dem Lebensvorgänge



Nichts gemein. Sie bestehen noch fort nach dem Tode des Organismus. Es hat das Gebiet der thierischen oder physiologischen Elektricität auf nur jene elektrische Natur beschränkt, welche an Thieren oder an Theilen desselben, im Besitze ihrer Lebeuseigenschaften sind, im unmittelbaren Zusammenhang der Ursache und Wirkung mit den Vorgängen des Lebens genommen werden können. Es gehört demnach zur Definition, dass die Erscheinungen mit dem Schwinden des Lebens mitschwinden und gänzlich erlöschen.

So bleiben denn auch jene Erscheinungen elektrischer Ströme in Organen geschlossen als ein eigenes Grenzgebiet, welche nach dem Tode noch fortbestehen in dem postulirten Zusammenhang mit dem Leben stehen, aber doch gerade nach dem Tode schon im lebenden Organismus bestanden haben können. Sie sind also Vorgänge von Processen anzusehen, welche durch das Leben eingeleitet worden gehören die von ALEXANDER DONNÉ entdeckten elektrochemischen Strömungen des Körpers zwischen Absonderungsorganen von verschiedener chemischer Beschaffenheit. Ströme gehen noch fort an den ausgeschnittenen ja faulenden Eingeweiden oder alkalischer Beschaffenheit. Es ist noch fraglich, ob diese Ströme unter den Bedingungen des Versuches, vor der Verbindung mit dem stromableitenden Metall waren, sodass es sehr wenig zulässig erscheint, sie zur Erklärung der Vorgänge zu benützen, wie es z. B. der Natur gelingt, saure und alkalische abzusondern.

Das Wesentlichste in der ganzen Entwicklung der thierischen Elektricität REYMOUD ist die Entdeckung der »Zuckung ohne Metalle« und des sogenannten »més«, des elektrischen Stromes, der sich an dem Gesamtfrosche zeigt, solange er im Besitze seiner Lebeuseigenschaften ist.

Diese Entdeckungen, welche mit der des Galvanismus überhaupt zusammen gehören GALVANI und der Bologneser Schule an. Im September des Jahres 1786 mit seinem Neffen CAMILLO GALVANI beschäftigt, die Einflüsse der Luftelektricität des Blitzes, auf das noch jetzt als GALVANI'sches Präparat bezeichnete Froschpräparat zu studiren, welches aus den enthäuteten noch mit dem Rückgrat zusammenhängenden Schenkeln des Frosches, besteht. Es wurde an einem kupfernen Haken bei dem eisernen Gitter des Landhauses von GALVANI, wo die Versuche angestellt wurden. Sowie sich die beiden Metalle berührten, trat ein Zucken des Präparates ein. kam durch dieses Phänomen auf den Gedanken der thierischen Elektricität, mit einer solchen Nichts gemein hatte, sondern vielmehr die Entdeckung der Ströme war, welche ihren Grund in den Ungleichartigkeiten der Metalle haben. entging dieses Gesetz, und zwar um so leichter, da er auch Zuckungen eintreten sah, wenn dem Präparate ein Bogen aus einem, wie es schien, vollkommen gleichartigen Metall wurde, sodass das Zuckung-Erregende bei diesen Versuchen nur die im gleichartigen stromende, abgeleitete thierische Elektricität selbst scheinen konnte.

VOLTA, der sich anfangs begeistert den Ansichten GALVANI'S angeschlossen hatte, entdeckte bei ungleichartigen Metallen — in GALVANI'S Versuch waren es Kupfer und Zink — den wahren Sachverhalt, dass durch ihre Berührung elektrische Ströme erzeugt werden, die Reizung des Froschpräparates hervorgebracht hatten, und wies durch seine Versuche nach, dass auch scheinbar gleichartige Metallkörper aus ein und demselben Metall, je nach allerlei, wie man glauben könnte, unverfängliche Kleinigkeiten, wie Rost, Oxydation, Unterschiede, Politur und Rauheit, verschiedene Härtegrade, wie sie durch ungleichen Gebrauch hervorgebracht werden, so ungleichartig werden können, dass ein grosser Strom entsteht, um das Muskelpräparat zu erregen.

Jetzt erst entdeckte GALVANI den wahren Grundversuch der Elektricität, die Zuckung ohne Metalle, und wurde so der wahre Urheber der neuen Theorie, die er seiner Meinung nach schon Jahre vorher begründet hatte. Er beschreibt dieselbe in folgendermaassen: »Ich richtete das Thier nach der gewöhnlichen Weise zu,

den Nerven dicht an ihrer Austrittsstelle aus dem Wirbelkanal ab und trennte beide Beine voneinander, sodass jedes mit seinem Nerven gesondert zurückblieb. Sodann krümmte er einen Nerven in Gestalt eines Bogens, hob den anderen mit dem gewohnten Glasfenster auf und liess ihn auf den von dem anderen gebildeten Bogen in der Weise fallen, dass er diesen in zwei Punkten traf, deren einer der Querschnitt des ruhenden Nerven war. Ich sah das Bein des fallenden Nerven und manchmal auch beide Beine zucken. Der Versuch glückt, wenn beide Beine vollständig isolirt sind und durchaus keine Verbindung mit einander haben, als durch die Berührung der Nerven auf die vorerwähnte Weise. Welche Ungleichartigkeit wird hier nun zur Erklärung zu Hülfe gezogen werden, wo die blossen Nerven mit einander in Berührung kommen?»

Der Bogen, den GALVANI in diesem Falle den Nerven anlegte, war der Nerve des anderen Nerven. Er leitete durch ihn wirklich einen elektrischen Strom ab zwischen Querschnitt und einem Stücke Längsoberfläche des Nerven, wodurch die Zuckung bewirkt wurde. Damit war der Sachverhalt angedeutet, der sich nach den Untersuchungen E. DU BOIS-REYMOND's zur Gesetzmässigkeit des Muskel- und Nervenstromes entwickelte.

Volta blieb auch diesem Experimente gegenüber zweifelnd. Er suchte auch dieses, das als durch den mechanischen Reiz des Auffallens entstanden ausschliessen zu können. Später, als er die Unzulänglichkeit dieser Erklärung einsehen gelernt hatte, aus der Untersuchung ähnlicher zufälliger Ungleichartigkeiten der Präparationsmethode entstammend zu erklären, wie sie bei der Anlegung von Metallen als der Grund elektrischer Ströme von ihm angenommen worden war.

Nach GALVANI's Tode (1798) kam trotzdem, dass sein Neffe ALDINI und ALEXANDER VON VOLTA die Untersuchungen aufgenommen hatten, die ganze Frage, besonders dass sich neben so bedeutenden Namen unberufene Hände eingemischt hatten, bald mehr in Misskredit oder Vergessenheit, bis 1827, wo LEOPOLDO NOBILI die elektromotorische Wirkung des Froschstromes an dem neuentdeckten Multiplikator, dem er die Anwendung der astatischen Doppelnadel einen bis dahin ungeahnten Grad von Empfindlichkeit für den elektrischen Strom ertheilt hatte, darthat. Schon VOLTA hatte gezeigt, dass den GALVANI'schen Grundversuch auch noch in anderen als der von dem Entdecker angegebenen Weise demonstrieren konnte. NOBILI wiederholte diesen Versuch, indem er ein GALVANI'sches Präparat mit Wirbelsäule und Füßen in je ein Gefäss mit Wasser oder Essig getaucht, zuckte, wenn zwischen den beiden Gefässen mit einem Asbest- oder Wollendocht geschlossen wurde. Indem er in die Gefässe mit Salzwasser auf ihre Leitfähigkeit geprüfte Platinenden eintauchte, die mit seinem Multiplikator verbunden waren, erhielt er eine Nadelablenkung, die einen Strom von den Füßen nach dem Kopfe von den Muskelmassen der Beine zu dem Rückgrate, den Nerven anzeigte. In den Versuche von MATTEUCCI, an welche sich die Entdeckungen DU BOIS-REYMOND's anschliessen, brachten vor allem den neuen Beweis, dass die Nerven, auf deren Vorhandensein man Werth gelegt hatte, zu dem Entstehen des elektrischen Stromes des Gesamtstromes unnothig sind, sodass die Stromentwicklung auf den Muskel sich beziehen liess, die man den elektrischen Apparaten mancher Fische verglich.

Im Januar 1843 erschien DU BOIS-REYMOND's «Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über Froschstrom und die elektromotorischen Fische», dem im Jahre 1848 der erste Band der Untersuchungen über thierische Elektrizität folgte.

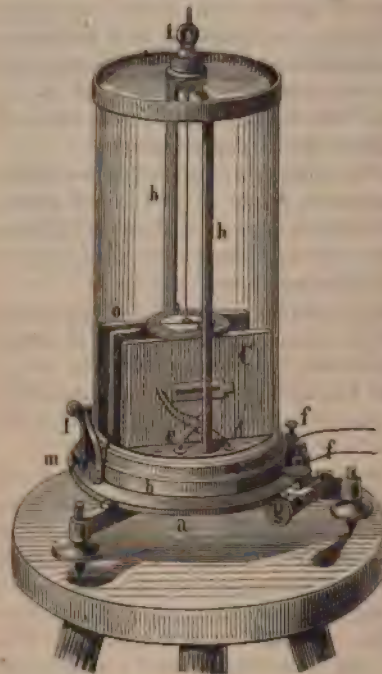
### Zur Methode.

Das erste Erforderniss zum Nachweis so zarter elektromotorischer Eigenschaften, wie die Ströme der Nerven, sind ausser einem, nach E. DU BOIS-REYMOND's Vorgang gebauten Multiplikator mit möglichst vielen Windungen — bis 32000 — mit möglichst astatischem Nadelpaare noch gleichartige Elektroden, um vor Strömen aus den Un-



gleichartigkeiten der Multiplikatorenden entspringend sicher zu sein (Fig. 184).  
 MOND's unpolarisierbare Elektroden, Zinktröge mit konzentrierter Zinkvitriol-

Fig. 184.



Du Bois-Reymond's Multiplikator.

macht werden. Bei beiden Instrumenten geschieht die Beobachtung mit Skala

Die Multiplikatoren in dieser Weise angewendet haben Manches vor dem trübschliesslich benützten Froschschenkel mit dem dazu gehörigen Ischiadnerven-Froschpräparat, welches man nun nicht mehr in der Weise GALVANI's, sondern dass an dem enthäuteten Unterschenkel der Ischiadnerv in seiner ganzen Länge im Wirbelkanal erhalten wird: der stromprüfende Froschschenkel, das physikalische Rheoskop ist durch ihn jedoch durchaus nicht aus der Untersuchung der Gewebeeigenschaften verbannt. Es hat den bemerkenswerthen Vorzug des Multiplikators, dass es plötzliche, plötzlich vorübergehende Schwankungen in der Intensität galvanischer Ströme noch durch eine eintretende Zuckung zur Erscheinung bringt: die Multiplikatornadel, durch das ihr innewohnende Trägheitsmoment verhindert, antworten vermag. Wir werden Gelegenheit finden, mit dem Multiplikator gewissenteils mit dem stromprüfenden Froschschenkel einer näheren Analyse zu unter-

füllt entsprechen dem Bedürfnisse sind nicht nur sehr leicht galvanisch zu erhalten, sondern nehmen unter der mit ihrer Hülfe geprüften Elektrode keine Polarisation an, welche, den in ihnen entgegengesetzt gerichteten Strömen Versuche von solcher Zartheit, wie kommenden, wesentlich zu stören, ja selbst sogar zu vereiteln vermögen. Die in die Zinkvitriollösung tauchenden mit ihr imbibiren —, bedeckt mit feinen blättchen, die zu dem Zweck mit dem plastischem, mit 1% Kochsalzlösung Thone geformt werden, dienen durch ihre elektromotorischen Eigenschaften das Gebilde schliesslich mit dem Multiplikator Drähte in die Zinktröge metallisch zu verbinden. So hat die Wissenschaft ein Mittel, auch äusserst geringe Ströme das Auge sichtbar, in ihrer Intensität zu machen.

In neuerer Zeit werden neben dem Multiplikator mit astatischem Nadelpaar auch elektrische Versuche auch vielfach in anderer Konstruktion, z. B. MATHIAS's Inertgalvanometer oder die WILSON'sche Busssole benutzt, welche beide an sich sehr schwere ringförmige Magnete enthalten, welche durch gehärtete Magnetstifte

### Der Muskel- und Nervenstrom.

Trennt man nach E. DU BOIS-REYMOND aus einem frischen, paralytischen Muskel ein beliebig dickes oder dünnes Faserbündel und schneidet es an dem einen Ende mit einem senkrecht auf die Faserrichtung geführten Messer einen Querschnitt, und legt dann die beiden unpolarisierbaren Elektro-

inallischen Multiplikators von mindestens 5000 Windungen so an das Muskel-  
 dass die eine einen Punkt der Längsoberfläche, die andere einen Punkt  
 Querschnittes berührt, so erfolgt eine Ablenkung der astatischen Nadeln,  
 die einen elektrischen Strom: den starken Strom anzeigt. Derselbe geht  
 in ableitenden Bogen — den Elektroden, Drähten und dem Multiplikator —  
 Längsschnitt des Muskels zum Querschnitte, im Muskel selbst also  
 Querschnitt zum Längsschnitt: es verhält sich also der  
 Längsschnitt positiv gegen den Querschnitt.

Man erhält Ströme: schwache Ströme, wenn man zwei zu dem idealen  
 Längsschnitt des Muskels, dem Aequator, unsymmetrisch gelegene  
 Punkte des Längsschnittes in der angegebenen Weise mit dem Multiplikator  
 verbindet. Die Ströme verlaufen im Muskel von dem dem Querschnitt  
 näher gelegenen Ableitungspunkt zu dem dem Aequator näher  
 gelegenen Ableitungspunkt oder zum Aequator selbst. Auch der (künst-  
 liche) Querschnitt zeigt solche schwache Ströme. Zwischen zwei unsym-  
 metrisch zur Axe, d. h. seinem idealen Mittelpunkt, gelegenen Punkten zeigt  
 ein Strom: der im Muskel von dem der Axe näher gelegenen  
 Punkt oder der Axe selbst zu dem von der Axe entfernteren (dem  
 Längsschnitt näheren) Punkte verläuft. Dem Querschnitt näher gelegene  
 Punkte verhalten sich elektromotorisch sonach zu entfernteren analog wie Punkte  
 des Querschnitts, sonach verhalten sich auch die dem Längsschnitt näheren Punkte  
 des Querschnitts zu entfernter davon gelegenen analog wie Punkte des Längs-  
 schnitts, sodass das Gesetz dieser Stromentwicklung als ein einheitliches erscheint.

Ganz wie der Muskel verhält sich der Nerve, das Gesetz des Muskel-  
 Stromes ist auch das Gesetz des Nervenstromes. Die Ströme am künst-  
 lichen Querschnitt, die unten zu besprechenden Neigungsströme, ebenso ein wahr-  
 natürlicher Querschnitt sind beim Nerven jedoch noch nicht nachgewiesen.  
 Der Strom ist um so stärker, je dicker und länger das Muskelstück ist, von  
 dem man ihn ableitet.  
 Den starken Strom erhält man auch, wenn man statt des künstlichen Längs-  
 schnittes den natürlichen, die natürliche Längsoberfläche des Muskels mit der  
 Elektrode verbindet. Man braucht also zum Nachweis des gesetzmässig  
 entwickelten Stromes nur an einem unversehrt heraus präparierten Muskel einen  
 Längsschnitt anzulegen und Längsoberfläche und Querschnitt mit den Multiplika-  
 toren zu verbinden. Wie es am Muskel einen natürlichen Längsschnitt  
 gibt, es gibt es auch einen natürlichen Querschnitt: die Sehne, von der  
 man ebenso wie von dem künstlichen Querschnitt Ströme in gesetzmässiger  
 Weise erhält. Die Sehne ist negativ gegen die Längsoberfläche ihres Muskels,  
 daher oft weit schwächer als der künstliche Querschnitt (wegen der par-  
 tiell elektromotorischen Schichte cf. unten).

Der Strom ist um so stärker, je dicker und länger das Muskelstück ist, von  
 dem man ihn ableitet.

Den starken Strom erhält man auch, wenn man statt des künstlichen Längs-  
 schnittes den natürlichen, die natürliche Längsoberfläche des Muskels mit der  
 Elektrode verbindet. Man braucht also zum Nachweis des gesetzmässig  
 entwickelten Stromes nur an einem unversehrt heraus präparierten Muskel einen  
 Längsschnitt anzulegen und Längsoberfläche und Querschnitt mit den Multiplika-  
 toren zu verbinden. Wie es am Muskel einen natürlichen Längsschnitt  
 gibt, es gibt es auch einen natürlichen Querschnitt: die Sehne, von der  
 man ebenso wie von dem künstlichen Querschnitt Ströme in gesetzmässiger  
 Weise erhält. Die Sehne ist negativ gegen die Längsoberfläche ihres Muskels,  
 daher oft weit schwächer als der künstliche Querschnitt (wegen der par-  
 tiell elektromotorischen Schichte cf. unten).

DE BOIS-REYMOND selbst fasst das Gesetz des Muskelstromes in folgende Sätze zusammen:

#### E. DE BOIS-REYMOND'S Gesetz des Muskel- und Nervenstromes.

##### I. Wirksame Anordnungen.

##### A. Starke Ströme.

Wenn ein beliebiger Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes eines Muskels  
 mit einem gleichfalls beliebigen Punkte des natürlichen oder künstlichen Querschnittes des-



selben Muskels dergestalt in Verbindung gebracht, dass dadurch keine Spannung wird, so zeigt eine in den unwirksamen leitenden Bogen eingeschaltete Stromrichtung gleichwohl einen Strom an, der von dem Punkte des Längsschnittes zu dem Punkte des Querschnittes gerichtet ist.

Fig. 182.



Ableitung des Muskelstromes I, II, III wirksame Anordnungen; IV, V, VI unwirksame Anordnungen; I. Querschnitt und Längsschnitt; II. Sehne und Längsschnitt; III. zwei vom Aequator verschiedenen weit abliegende Punkte des Längsschnittes. IV. Zwei Sehnen (natürliche Querschnitte). V. Zwei künstliche Querschnitte. VI. Zwei symmetrisch zum Aequator gelegene Punkte.

### B. Schwache Ströme.

#### a. Ströme des Querschnitts

(am Nerven nicht nachgewiesen)

Wird ferner ein Punkt eines natürlichen Querschnittes eines Muskels auf die Weise in Verbindung gebracht mit einem andern desselben Querschnittes, oder einem Punkte dessen natürlichen oder künstlichen Querschnittes, den wir als Cylinder denken und sind beide Punkte von dem Mittelpunkt die die senkrecht auf die Axe des Cylinders Querschnitte darstellen, ungleich weit entfernt, die stromprüfende Vorrichtung abermals an, der aber viel schwächer ist als der vor und von dem weiter vom Mittelpunkte entfernt in dem Bogen, zu dem ihm näher gelegenen.

#### b. Ströme des Längsschnittes.

Wird drittens ein dem geometrisch mit dem Querschnitte des Cylinders, den der Muskel vertritt, gelegener Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes auf die nämliche Weise in Verbindung mit einem entfernter von jenem Querschnitt Punkte des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes desselben Muskels; so zeigt die stromprüfende Vorrichtung abermals einen Strom an, der viel stärker ist als zwischen beliebigen Punkten des natürlichen Längs- oder Querschnittes, die verschiedenen Punkten eines oder zweier natürlicher oder künstlicher Querschnitte aber an sich kommt, und von dem dem mittleren Querschnitt gelegenen Punkte in dem Bogen, zu dem dem entfernteren gerichtet ist.

### II. Unwirksame Anordnungen.

Die stromprüfende Vorrichtung bleibt in der Ruhe, wenn die beiden durch den unwirksamen Bogen verbundenen Punkte auf einem natürlichen oder künstlichen Querschnitt oder auf demselben Abstand vom Mittelpunkte, oder auf demselben natürlichen Längsschnitt oder künstlichen Längsschnitt gleichem Abstand vom mittleren Querschnitt haben.

### III. Neigungsströme.

In den letzten Jahren 1863 und 1864 hat Bois-Reymond noch eine neue Art der Stromrichtung gelehrt, die Neigungsströme, deren folgendermassen darstellt:

schneidet man einen cylindrischen Muskel durch zwei parallele, schräg gegen die Axe gelegene Schnitte so zu, dass die Durchschnittsfigur einer durch die Axe senkrecht zu den eben gelegten Ebene ein Rhombus ist, so entfaltet der Muskel neue elektromotorische Eigenschaften. Die Punkte der Muskeleoberfläche nahe den beiden stumpfen Rhombusecken verhalten sich nämlich stark positiv gegen die Punkte nahe den beiden spitzen Rhombusecken, gleichviel ob die Punkte dem Längsschnitt oder den schrägen Querschnitten angehören. Der Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt besteht dabei fort, aber wegen der Schräge letzteren in geringerem Maasse, so bestehen fort am Längs- und Querschnitt die sogenannten schwachen Ströme vom Aequator nach den Grenzen, am Längs- und Querschnitt, von den Grenzen nach den Polen. Die Neigungsströme summiren sich also zu den Strömen vom Längs-Querschnitt und zu den schwachen Strömen am Längs- und Querschnitt.

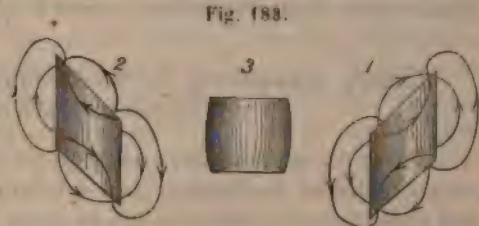


Fig. 183.  
1. 2. Darstellung der Neigungsströme. 3. Muskelwürfel, der durch Dehnung zum Rhombus werden kann.

Nicht nur die letzteren, sondern wegen ihrer Schwäche, in Folge der Neigung des Querschnittes, auch die ersteren Ströme unterliegen dabei den Neigungsströmen, sodass der Strom zwischen einem Längsschnittpunkte nahe einer spitzen Rhombusecke und einem Querschnittspunkte nahe einer stumpfen Rhombusecke nicht, wie er nach dem Gesetz des Muskelstromes sollte, ausnahmslos von ersterem zu letzteren Punkte, sondern zuweilen umgekehrt fliesst. Ja, so gross ist die den Neigungsströmen zu Grunde liegende elektromotorische Kraft, dass man dieselben sogar über den zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt siegen sieht. Am Gastrocnemius des Frosches (und anderer Thiere) treten wegen seiner schräg über einander gelagerten Sehnenansätze an der Sehne natürliche Neigungsströme auf. Ebenso entstehen Neigungsströme, wenn man einen Muskelwürfel rhombisch dehnt (Fig. 183).

Die elektromotorische Kraft der starken Muskelströme beträgt beim Froschmuskel Daniell, die Kraft der Neigungsströme steigt über 0,1 Daniell.

Der Muskelstrom gehört zu den wichtigsten Lebesseigenschaften des Muskels. Er ist nur dem lebenden, leistungsfähigen Muskel

Nach dem Tode des Thieres nimmt die Stärke der Ströme seiner Muskeln ab und nach ab, und diese erlöschen endlich, wenn sich die Todtenstarre des Thieres vollkommen ausgebildet hat. Eine merkwürdige Erscheinung zeigt der Muskel noch oft vor seinem gänzlichen Erlöschen: eine Umkehr der Stromesrichtung, sodass sich der Längsschnitt des Muskels nun negativ gegen den Querschnitt verhält. Du Bois-Reymond hat den wesentlichen Zusammenhang des Muskelstromes mit den übrigen Lebesseigenschaften des Muskels noch durch eine Anzahl weiterer Thatsachen erhärtet: Alles Uebrige gleich gesetzt, ist der Strom stärker, je leistungsfähiger der Muskel ist. Er erlischt bei Säugern viel früher als bei Fröschen, bei den Vögeln noch früher als bei erstere. Es erklärt sich dieses aus dem früheren oder späteren Auftreten der Todtenstarre.

Daher erlischt er auch nach Strychninvergiftung, nach welcher Brücke früher als bei anderen Todesarten die Todtenstarre eintreten sah, weit früher als nach anderen den Muskel nicht wesentlich alterirenden Arten der Todtenstarre.

Durch Verbluten oder Erstickung, durch Vergiftung mit Schwefelwasserstoffgas getödtete zeigen schwächere Muskelströme als gesunde Thiere. Anhaltende elektrische Reizung des ausgeschnittenen Muskels, die dessen Leistungsfähigkeit



auch im übrigen rasch vernichtet, hat auch denselben Erfolg auf den Strom. — Wir haben in vorausgegangenen Betrachtungen den Muskel einen Beweis dafür erkannt, dass in dem ruhenden Organe schon beständige entwickelungen vor sich gehen, die in ihrem letzten Grunde auf Oxydationen beruhen. Es ist klar, dass der arbeitende Muskel auch in dieser Verschiedenheit zeigen müsse von dem ruhenden, von dem er sich auch in seiner Kräftevertheilung unterscheidet.

#### Negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms und die Lebensgeschwindigkeit der Erregung.

Es ist E. du Bois-Reymond gelungen, zu zeigen, dass sich das elektrische Verhalten des Muskels und der Nerven während ihrer Thätigkeit verschieden verhält von dem in ihrem ruhenden Zustand zu beobachtenden.

Die thätigen Muskeln und Nerven zeigen eine **Abnahme der negativen Schwankung** ihres am Multiplikator ableitbaren elektrischen Stromes.

Liegt der Muskel mit Quer- und Längsschnitt auf den Bauschen polarisirbaren Elektroden des Multiplikators, so wird, wie wir gesehen haben, die Magnetnadel durch den Muskelstrom abgelenkt. In dem Augenblicke, wenn der Muskel vom Nerven aus irgendwie durch physiologischen, chemischen oder mechanischen etc. Reiz in tetanische Zusammenziehung gebracht wird, schwingt die Nadel zurück, durch den Nullpunkt hindurch meist einen beträchtlichen Ausschlag in den entgegengesetzten Quadranten, auf welcher die Nadel spielt.

Die negative Schwankung am Multiplikator ist nur für die tetanische Erregung des Muskels nachzuweisen. Es war sehr wichtig, zu erfahren, wie der Tetanus auch die einfache Zuckung mit einer negativen Stromschwankung verbunden sei. Es reicht zu dieser Entscheidung die Multiplikator nicht aus, ihrer bedeutenden Trägheit wegen, die sie verhindert, auf rasche Stromschwankungen zu antworten. Hier trat das physiologische Rheostomstromprüfende Froschschenkel, hülfreich als Instrument ein.

Legt man an einen Muskel — an Quer- und Längsschnitt einen Stromprüfenden Schenkels an, so zuckt letzterer stets in dem Momente, wenn der erste Muskel zur Zuckung gereizt wird: sekundäre Zuckung des Schenkels aus, zum Beweise, dass auch hierbei eine Veränderung in der Intensität des Stromes wie bei dem Tetanus erfolgt. Macht man den Versuch so, dass man den Muskel zum Tetanus reizt, während der stromprüfende Schenkel oben angegebenen Weise anliegt, so verfällt letzterer auch in tetanischen Tetanus. Der Tetanus tritt, wie bekannt, nur dann ein, wenn einander folgende Reize, z. B. rasch auf einander folgende Intensitätssteigerungen eines elektrischen Stromes auf Muskel oder Nerv einwirken. Es giebt sich also aus diesem Versuche, dass die scheinbar einfache, negative Schwankung der Stromstärke bei dem Tetanus, wie sie sich am Multiplikator zeigt, zusammengesetzt ist aus vielen rasch aufeinander folgenden Stromschwankungen nach auf- und abwärts, die aber so rasch eintreten, dass der Multiplikator auf jede einzelne nicht zu antworten vermag, und

Resultirende als eine fortschreitende Abnahme aufzeichnet. Es ist klar, dass der Tetanus des Muskels aus einzelnen Zuckungen besteht, deren jeder eine kleine Schwankung von sehr kurzer Zeitdauer entspricht.

So war es denn erwiesen, was die Wissenschaft so lange vergeblich gesucht, dass die Krafterzeugung im Muskel auf das innigste an elektrische Vorgänge verknüpft ist.

Doch wie ganz anders hatte sich die Sache gestaltet, als man erwartet hatte! schien so nahe zu liegen, dass die elektrischen Ströme, die man im Organismus voraussetzte, in dem Gehirne entstanden, von dem man die Willensantriebe, die die Nerven den Muskeln mitgetheilt sah, mit einer Schnelligkeit, wie man allein der Elektricitätsfortpflanzung zuschreiben zu können glaubte. Diese Erklärung schien in der Weise zu erfolgen, wie die Bewegungen in dem Telephonapparat. Im Gehirne hatte man sich eine galvanische Batterie gedacht, welche Ströme durch die Nerven als die Leiter der Elektricität dem Muskel — Schreibapparate — zusendet.

Durch die Entdeckung, dass die Muskeln selbst Elektromotoren seien, war in Theorien die Spitze abgebrochen. Auch die Nerven durfte man sich nicht mehr als einfache Leiter einer Gehirnelektricität denken.

Im leistungsfähigen Nerven kreisen, nach dem gleichen Gesetz wie im Muskel, bis zu seinem Absterben die elektrischen Ströme. Je leistungsfähiger der Nerve ist, desto grösser ist die Intensität seiner elektromotorischen Kraft.

Es ist also der Vergleich mit einem leitenden Drahte und dem Nerven schon mehr zurückzuweisen, dass man ein eigenthümliches elektromotorisches Vermögen an letzterem gefunden hatte, das nicht zu dem Wesen des ersteren gehört.

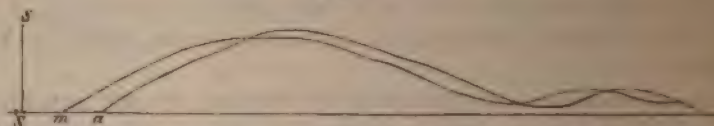
Auch das lang geträumte bessere elektrische Leistungsvermögen der Nerven gegenüber den anderen thierischen Geweben stellte sich als eine Täuschung heraus. Die feuchten Gewebe, mit Ausnahme der Knochen, leiten alle fast gleichgut oder vielmehr schlecht: etwa 3 Millionen Mal schlechter als Quecksilber (J. RANKE). Die Isolation des Nerveninnern durch die ölige Markscheide, die man vermuthet hatte, liess sich nicht erweisen. So eignen sich demnach die Nerven nicht zu einfachen Leitern elektrischer Ströme im Organismus. Diese haben keinen Grund, gerade die Nerven als Bahnen zu wählen, sie verbreiten sich in allen Richtungen ziemlich gleichmässig wegen des fast absolut gleichen Leitungsvermögens, von dem nur die Oberhaut des menschlichen Körpers eine Ausnahme macht, indem sie für elektrische Ströme der mangelnden Feuchtigkeit beinahe vollkommen undurchgängig ist.

HELMHOLTZ, dem es schon gelungen war, die Muskelzuckung trotz ihres raschen Verlaufes in mehrere Phasen zu zerlegen, gelang es auch, mit Hilfe desselben Instrumentes, das zu jenen Versuchen gedient hatte, mit dem Myographion die **Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven** direkt zu messen, die vermöge ihrer über blitzähnlichen Raschheit vor allem den Gedanken an vom Gehirn durch die Nerven geleitete elektrische Ströme hervorgerufen und erhalten hatte. Indem er an verschiedenen Stellen nach einander den Nerven eines an dem Myographion zeichnenden Thieres (cf. oben) reizte, bemerkte er, dass die beiden auf den berussten Glasplatten gezeichneten Kurven, die den beiden Reizungen entsprechen, sich nicht unterscheiden, sondern dass die von einem vom Muskel entfernteren Nervenstück aus hervorgerufene Zuckung um ein Messbares sich verspätet hatte gegen die von der dem



Muskel näheren Nervenstelle aus (Fig. 184). Die graphische Methode ergibt bekanntlich den linearen Abstand des Anfangs beider Kurven direkt als Zeit

Fig. 184.



S S Ort der Reizung des Nerven. m. Anfang der ersten Kurve, Reiz an der ersten Nervenstelle.  
a. Anfang der zweiten Kurve, Reiz an der entfernteren Nervenstelle.

messen, der Abstand der beiden gereizten Nervenstellen von einander kann ebenfalls leicht gemessen werden. Somit waren, wie man erkennt, die ersten Daten für die Berechnung der Leitungsgeschwindigkeit im Nerven gegeben.

Die am motorischen Froschnerven beobachteten direkten Werthe sind 26 Meter in der Sekunde, für den motorischen Nerven des lebenden Meeresfischs fand sie HELMHOLTZ und BAXT nach einer ähnlichen Methode im Mittel 28 Meter. Die Leitungsgeschwindigkeit in den sensiblen Nerven ist die gleiche, 30 Meter. Die Elektrizität pflanzt sich in einer Sekunde nach WHEATSTONE'schen Versuchen um 288000 englische Meilen fort. So ergab auch dieses Experimente, dass die Erregung im Nerven nicht als eine einfache elektrische Leitung ihm gedacht werden dürfe. Es ist die Leitung der Erregung im Gegensatze zu der aprioristischen Annahme eine verhältnissmässig langsam fortschreitende Molekularbewegung.

Um die vergleichsweise Langsamkeit der Bewegung der Nervenenergie anschaulich zu machen, entnehme ich DE BOIS-REYMOND folgende Tabelle:

Geschwindigkeit der Bewegung:	Meter in einer Sekunde
der Elektrizität (WHEATSTONE'S) . . . . .	555000000
des Lichtes . . . . .	300000000
des Schalles in Eisen . . . . .	2183
„ „ „ Wasser . . . . .	1435
„ „ „ Luft. . . . .	333
einer Sternschnuppe . . . . .	61200
der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne . . . . .	30000
der Erdoberfläche am Äquator . . . . .	461
einer Kanonenkugel (S. HAUGHTON) . . . . .	337
des Windes . . . . .	1-10
des Adler-Fluges (SIMMLER) . . . . .	31
der Lokomotive . . . . .	27
der Jagdhunde und Rennpferde . . . . .	25
der Nerven-erregung . . . . .	26-30
der Hand einen Stein 24 <sup>m</sup> 5 hoch werfend . . . . .	21,5
der Muskelzusammenziehung . . . . .	1,2
der Welle des Arterienrohres (Puls) . . . . .	1,25
des Blutes in der Karotis eines Hundes . . . . .	0,2-0,3
„ „ „ den Kapillargefassen. . . . .	0,0001-0,0002
den Theilchen, welche durch Flimmerhaare bewegt werden . . . . .	1

Für die Fortpflanzung der Erregung im menschlichen sensiblen Nerven hat HELMHOLTZ die Geschwindigkeit ziemlich viel grösser angegeben, zu 80 Meter in der Sekunde. SCHWENKE, HIRSCH, DE JAEGER fanden sie um die Hälfte kleiner, zu etwa 37 Meter, KÄRSCHE dagegen ziemlich viel grösser als HELMHOLTZ, zu etwa 90 Meter in der Sekunde.

Die Methode der Bestimmung besteht im Allgemeinen darin, dass der Moment der sensiblen Reizung objektiv bezeichnet wird, während der Mensch die subjektive Reizempfindung markiert. Die Differenz kann nach verschiedenen Methoden gemessen werden. Die Zeitdifferenz fasst die Zeiten in sich, welche zur Leitung der sensiblen Erregung zum Gehirn, zur Vertragung derselben auf den motorischen Nerven und zur Leitung in demselben erforderlich sind. Reizt man nun bald an einer dem Centralorgan näher, bald an einer messbar entfernten gelegenen Nervenstrecke = Hautstelle, so lässt die Veränderung der obigen Differenz, wegen auf die veränderte Nervenlänge, die Leitungsgeschwindigkeit annähernd berechnen.

Donders machte auf die vielen Fehlerquellen bei diesen Versuchen aufmerksam. An motorischen Nerven der Menschen bestimmte HELMHOLTZ und BAXT die Leitung in der Weise, dass sie die Verdickung der Daumenmuskulatur bei der Kontraktion direkt auf einem Myographion aufschreiben liessen, indem sie am Arm bald eine entferntere, bald eine nähere Nervenstelle reizten. Sie fanden, dass stärkere Reize sich rascher fortpflanzen als schwächere.

PFLÜGER giebt an, dass die Erregung von einer vom Muskel entfernteren Nervenstelle einen höheren Erfolg hat als von einer ihm näher gelegenen. Er nennt diese Erscheinung: lawinenartiges Anschwellen des Reizes und sucht es durch fortschreitende Kräfteausbreitung in den einzelnen Nervenmolekulan, wodurch in jedem folgenden eine grössere Ausbreitung frei wird, anschaulich zu machen. Nach H. MEYER geschieht die Fortpflanzung der Erregung mit abnehmender Geschwindigkeit.

Es ist für die Leitung der Erregung im Nerven eine unerlässliche Bedingung, dass zwischen dem erregten Punkte und dem Endorgane, in dem der Erfolg der Erregung auftreten soll, der Nerve überall vollkommen intakt ist. Jede Verletzung des Nervenverlaufs, z. B. durch Zerschneiden, auch wenn die Schnittenden wieder aneinander in direkte Berührung gebracht sind, oder durch Quetschen, Unterschnitten, Brennen, chemisches Zerstören, Anätzen unterbricht die Leitung der Erregung vollkommen, obwohl alle diese Eingriffe die Leitung eines elektrischen Stromes nicht oder kaum beeinträchtigen. Alle das Leistungsvermögen des Nerven herabsetzenden Bedingungen beeinträchtigen zugleich das Leitungsvermögen, das Durchleiten elektrischer Ströme durch den Nerven in auf- oder absteigender Richtung (v. BEZOLD), ebenso Kälte und manche andere Einflüsse.

Trotzdem, dass die Erregungsleitung im Nerven dem Angegebenen nach ziemlich langsam vor sich geht, ist sie doch noch ziemlich viel schneller als der analoge Vorgang der Erregungsleitung im Muskel. Scheinbar breitet sich, wenn nur eine beschränkte Stelle eines Muskels in den thätigen Zustand versetzt wird, die Kontraktion sofort auf die ganze Länge der getroffenen Fasern aus. Doch verläuft der Vorgang in Wahrheit mit einer so geringen Geschwindigkeit, dass man die Kontraktion in Form einer Welle über dem Muskel unter dem Mikroskope hindurch sieht (KÜNE). Direkte Messungen ergaben diese Geschwindigkeit zu 800 (200 mm. in der Sekunde für Froschmuskeln (AERY, v. BEZOLD). BERNSTEIN erhielt eine etwas grössere Geschwindigkeit zu etwa 3 Meter in der Sekunde wahrnehmbar, Kälte verzögert auch sie.

Der Erregungsvorgang im Nerven ist also keine einfache Leitung. Kommen dunkel war dieser Vorgang, der Zustand der Nerven thätigkeit, welchen keine Bewegung grösserer oder feinerer Art äusserlich sichtbar ist, bis E. DE BOIS-REYMOND die Entdeckung machte, dass in dem scheinbar ruhigen Organe, während er den Muskel oder Drüse zur Thätigkeit reizt oder während er Empfindung vermittelt, eine deutliche Veränderung be-



züglich einer seiner Hauptlebenseigenschaften, seines elektrischen Stroms, bemerklich macht. Ist schon der Nervenstrom an sich ein äusserst rar mit den besten Hilfsmitteln nachweisbares Phänomen, so ist die Demonstration der negativen Schwankung des Nervenstromes der zarteste elektrische Versuch. Das Phänomen ist der negativen Schwankung des Stromes während seiner Thätigkeit vollkommen analog. Während die Spannkraft des Muskels auslöst, nehmen seine äusserlich wahrnehmbaren motorischen Wirkungen ab. Die negative Schwankung des Nervenstromes vollkommen rein nur bei Reizung des Nerven auf nicht elektrischem Wege erhalten, weil sich bei elektrischer Reizung stets sekundäre Einflüsse der elektrischen Ströme auf den gereizten Nerven geltend machen, doch gelingt die Demonstration derselben trotzdem wenigstens bei lebensfrischen Nerven in tetanisirender elektrischer Reizung, sicher mit dem Induktionsapparate oder BOIS-REYMOND'schen Schlitten-Magnetelektromotor. — Die Fähigkeit, eine negative Stromschwankung zu zeigen, ist eine der wichtigsten Lebenseigenschaften des Nerven. Der Nervenstrom selbst ist an das Leben des Nerven gebunden, der Nerve in seinen übrigen Lebenseigenschaften — die Fähigkeit Zucken des Muskels oder Empfindungen zu erregen — herabgesetzt ist, so nimmt die Amplitude des Nervenstroms ab, um mit dem vollkommen eingetretenen Tode des Nerven vollständig zu verschwinden. • Noch eher als der Nervenstrom verschwindet seine negative Schwankung. Nachdem er sie einige Male tetanisirende Reizung gezeigt hat, wobei sie zuerst etwas an Stärke ansteigt, so nimmt sie immer mehr und mehr ab, endlich verschwindet sie ganz.

BERNSTEIN hat messende Versuche über den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung zunächst im Nerven angestellt. Es ergab sich, dass an der gereizten Nervenstrecke die negative Schwankung unmessbar kurze Zeit nach dem Reize bei grosser Geschwindigkeit zu ihrem Maximum ansteigt und dann langsamer wieder abnimmt. Gleichzeitig pflanzt sich aber die negative Schwankung von der gereizten Stelle aus in die Nervenfortpflanzung. Bei dieser Fortpflanzung der negativen Schwankung im Nerven gibt es Punkte, welche sich gleichzeitig in den verschiedenen Phasen der Erregung — von der latenten Erregung bis zum Maximum der negativen Schwankung — befinden. Ueber die gleichzeitig in der negativen Schwankung befindliche Nervenstrecke läuft nach BERNSTEIN's Bezeichnung die negative Erregungswelle ab, deren Länge = der gleichzeitig in Erregung begriffenen Nervenstrecke ist. Er hat im Mittel zu 48,76 Millimeter. Die Bestimmungsmethode muss in den folgenden Untersuchungen nachgesehen werden. Ganz analog ist das Verhalten der negativen Schwankung des Muskels. Sie fällt ganz in das Stadium der latenten Reizung und geht sonach der wirklichen Erregung, der Kontraktion, voraus. Die negative Schwankung läuft auch im Muskel annähernd mit derselben Geschwindigkeit wie die Fortpflanzung der Erregung. Der Muskel erleidet daher zuerst die elektrische Veränderung, dann erst die Kontraktion. • Der Muskel verkürzt.

F. HOLMGREN hat neuerdings sehr wahrscheinlich gemacht, dass auch der Strom der Retina bei warmblütigen Thieren auf Lichtreiz eine negative Schwankung zeigt, ein Phänomen, das schon E. DE BOIS-REYMOND suchte. Unwirksam sollen rothen Strahlen sein, am stärksten wirksam die Strahlen aus der Mitte des Spectrums, noch merkbar wirksam die ultravioletten. Beim Frosch soll die Reizung der Retina einer positiven Schwankung des Retinastroms verbunden sein, an Fische geht

Stromschwankung auffinden. Die Retinaströme selbst sollen ganz mit dem Gesetze Muskel- und Nervenstroms stimmen. Die Netzhaut wird dabei als der natürliche Querschnitt des Optikus angesprochen, erstere stellen die Stäbchen und Conus, letztere die Nervenfaserausbreitung dar.

Auch bei dem Nervenstrome bemerken wir die schon für den Muskelstrom besprochene Meinung, dass er manchmal kurz vor dem Erlöschen seine gesetzmässige Richtung vom Querschnitt zum Querschnitt im Multiplikatorkreis umkehrt, sodass sich nur der Längsschnitt negativ gegen den Querschnitt zeigt. Es kann diese Stromesumkehr eintreten zu einer Zeit, in welcher die negative Schwankung spurweise noch vorhanden ist. Diese hat auch ihr Vorzeichen geändert, da der ganze Strom jetzt negativ ist, ist sie natürlich im Sinne des ehemaligen normalen Stromes.

**Organströme.** Am Rückenmark, das ja seiner Hauptmasse nach ein Konvolut längsgerichteter Nervenfasern ist, wie der Nerve selbst, ist ebenfalls ein elektrischer Strom und mit sehr starken Wirkungen auf dem Multiplikator nachzuweisen. Er zeigt dieselbe gesetzmässige Richtung wie der Muskel- und Nervenstrom. Im lebenden Thiere ist das Rückenmark von einem starken aufsteigenden Strome durchflossen, dessen wir als »Froschstrom« schon gedacht haben, der seine Entstehung der Gesamtwirkung der Muskeln, vornehmlich der unteren Extremitäten verdankt. Derselbe aufsteigende Strom durchfliesst auch die Nerven der unteren Extremitäten.

Auch die Haut des Frosches wirkt senkrecht zu ihrer Fläche elektromotorisch, der Strom geht von aussen nach innen. Diese Hautströme müssen zum ungestörten Nachweis des Froschstromes (= der Muskelströme) am unenthäuteten Thiere eliminiert werden, durch Aetzung. Die Schwäche der elektromotorischen Wirksamkeit, der unenthäuteten Frosche beruht dabei noch im Wesentlichen auf vorhandenen Nebenschliessungen. Die Epidermis, welche unter der Haut die Muskeln umspült, stellt wie die Haut selbst eine Nebenschliessung zum Gesamtmuskelstrom her, welche das Hereinbrechen des Stroms in den Multiplikatorkreis verhindert (E. DU BOIS-REYMOND, H. MUNK). Die menschliche Epidermis ist trocken ein sehr geringes Leitungsvermögen, wodurch in Verbindung mit elektrischen Hautungleichartigkeiten der Nachweis der Muskelströme am unversehrten Menschen unmöglich. Die negative Schwankung des Gesamtmuskelstromes lässt sich dagegen auch an unversehrten Thiere und Menschen nachweisen. Taucht man die Finger oder Zehen einer Extremität in die Zuleitungströge resp. deren Zinkvitriollösung, so bleibt die Multiplikatornadel ziemlich in Ruhe, kontrahirt man nun aber die Muskeln der einen Extremität, während die andere in Ruhe bleibt, so tritt ein oft sehr starker Strom, aufsteigender Strom, ein.

Das ganze Hinterbein des unenthäuteten Frosches zeigt bei der Kontraktion dagegen einen absteigenden Strom.

ENGELMANN zeigte, dass die Rachenschleimhaut des Frosches ebenfalls analog elektromotorisch wirksam ist wie die übrige Haut. J. ROSENTHAL fand regelmässige Drüsenströme an der Magenschleimhaut auf, die demselben Gesetze folgen. An den regelmässiger gebauten Drüsen, Leber etc., sind keine konstanten elektromotorischen Wirkungen bisher beobachtet.

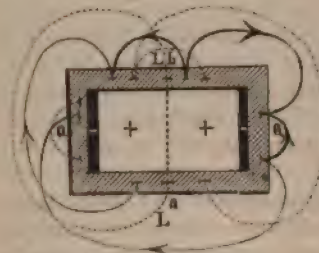
### DU BOIS-REYMOND'S THEORIE DER THIERISCHEN ELEKTRICITÄTSENTWICKELUNG.

E. DU BOIS-REYMOND stellte eine physikalische Theorie für die Stromentwicklung an Nerven und Muskel auf. Die Hauptströme (starken Ströme) lassen sich wie vom Muskel erhalten von einem an beiden Enden überkupferten Zinkcylinder; auch an einem Nerven gehen sie vom Querschnitt zum Längsschnitte. Die Nebenströme (schwachen Ströme) kommen erst dann auch zur Erscheinung, wenn das Schema in eine leitende Flüssigkeit eingelegt wird (Fig. 485), und an diese, nicht direkt an die Metalle selbst, die Elektroden angelegt werden. Die sich beständig in der leitenden Flüssigkeit abgleichenden elek-



trischen Spannungen sind dann am stärksten am Aequator und der Axe des Scheitels. Die an Aequator und Axe unsymmetrisch gelegene Punkte haben verschiedene Grade der Elektricität, sie zeigen also gegen einander, wenn auch schwächere Ströme als die Hauptströme.

Fig. 485.

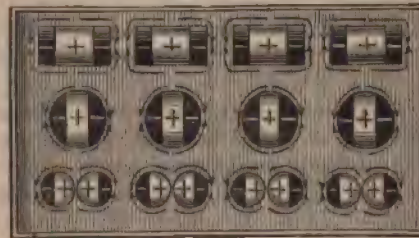


L Längsschnitt, Q Querschnitt,  $a$  Aequator. Die Pfeile geben die Stromrichtung an, die Dicke ihrer Linien die Stärke der elektrischen Ströme zwischen den verbundenen Punkten. Die gestrichelten Bogen: unwirksame Anordnungen.

Eigenschaften doch sehr stark sein.

In der eben gegebenen Form reicht das Schema nur für das elektromotorische des Gesamtnerven und Gesamtmuskels. Da es möglich ist, beide in die feinen von Querschnitt und Längsschnitt begrenzten Stückchen zu zerspalten und der Strom noch in der gesetzmässigen Richtung wahrnehmbar bleibt, so musste die Theorie weiter gehen. Die elektromotorischen Kräfte mussten auf sehr kleine Organe auf Moleküle, bezogen werden, welche regelmässig reihenweise gelagert, in die leitende Flüssigkeit eingebettet sind. Sie sind analog dem Gesamtschema kleine an den Enden kupferne Zinkcylinderehen, oder kleine Kugeln mit einer Zinkmittel- und zwei Zinkzonen: du Bois-Reymond's peripolare Moleküle. Man kann sich diese auch

Fig. 486.



Elektrische Moleküle des Muskels und Nerven. In der ersten und zweiten Reihe peripolare, in der dritten Reihe dipolare, aber peripolar angeordnete Muskeln.

Absterbens anschaulich zu machen, hat man sich eine vollkommene Drehung der elektrischen Moleküle zu denken um  $480^\circ$ , wodurch die elektrischen Gegensätze nur umgekehrt werden. Die dipolaren Moleküle bleiben dabei jedoch immer noch in ihrer Lage zu einander, ihre peripolare Anordnung bleibt auch nach der Drehung. Bei der negativen Schwankung ist die Axendrehung der Moleküle keine vollkommene, sondern nehmen eine mittlere Stellung zwischen der vollkommenen Drehung und der Ruhelage ein. Im Uebrigen gilt das Gleiche wie bei der Stromumkehr. Auch die

Der Strom, welchen der Multiplikator selbstverständlich, da der Multiplikator an die leitende Flüssigkeit angelegt ist, ein Zwischenströmchen, dessen Intensität nicht direkt von der Stärke des elektrischen Vorganges selbst, sondern nur von dem geringeren oder grösseren Leitungswiderstand im Multiplikatorbogen, zu dem der Multiplikator gehört, abhängt.

Im Muskel und Nerven müssen wir uns den eigentlich elektromotorisch wirksamen Ströme eingeleitet denken in eine leitende Flüssigkeit, die wir an ihnen wahrnehmen, und Ströme, die an sich direkt keine Wirkung auf die Stärke der in den untersuchten Organen selbst stattfindenden Strömungen gestalten. Letztere können trotz der noch aussen sichtbar werdenden elektrischen

getheilt denken, jede in je zwei Zink, halb aus Kupfer bestehend. Moleküle, die unter normalen Umständen so zu einander stehen, dass die Kupferseite nach aussen kehrt, das des zweiten ist gegen die Zinkseite gerichtet, die Kupferseite des ersten dieselbe des zweiten, sodass je zwei Moleküle zusammen eines der peripolaren mit zwei kupfernen Polen, eines der dipolaren mit zwei zinknen Polen darstellen (Fig. 486).

Es ist leicht einzusehen, dass diese Theorie die bisher beobachteten elektrischen Phänomene erklären kann. Um die Stromumkehr

man lassen sich nach diesem Schema ableiten und erklären. Auf den schief abgestutzten Muskelflächen bilden die Moleküle stoffelformige Reihen, woraus sich z. B. (aus der zeitigen Anwesenheit einer Querschnitts- und einer Längsschnittspartie an jeder solchen) die Schwächung der elektromotorischen Eigenschaften des schiefen Querschnittes gegen den geraden ergibt.

Die Ströme zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Muskels — seiner Sehne — zeigen sich oft, namentlich im Winter, wenn die Frösche, die zu Versuchen dienen, der Kälte ausgesetzt waren, sehr schwach im Vergleiche mit denen, die vom künstlichen Quer- und natürlichen Längsschnitt ableiten lassen: die Muskeln zeigen ein parelektronisches Verhalten. Diese Parelektronie kann so hoch entwickelt sein, dass man keinen oder sogar einen umgekehrt gerichteten Strom unter gewissen Umständen erhält. Die Ströme erhalten jedoch sofort ihre normale Richtung und Stärke, sowie man die Sehne mit ätzend wirkenden Substanzen: stärkeren Säuren, Alkalien, Galle, Kreosot bestreicht, oder sie mit heissen Körpern versengt. Du Bois-Reymond hat diese von ihm entdeckte Erscheinung daraus, dass sich an der Sehne angrenzende Schicht von Muskelsubstanz befindet, welche, der oben beschriebenen Stromumkehr entsprechend, entgegengesetzt elektromotorisch wirkt, wie der normale Muskelstrom, sodass die Wirkungen zum Theil oder ganz kompensirt oder sogar überkompensirt werden. Um diese »parelektronische Schicht« anschaulich zu machen, genügt es am Ende des Muskels von jedem letzten System der peripolar angeordneten dipolaren Moleküle das äusserste Molekül wegzulassen, sodass das jetzt letzte seine positive Seite dem Querschnitt zukehrt.

Es ist nach dem Gesagten einleuchtend, dass die vorgelegte Theorie der elektromotorischen Wirkungen ausreicht zur Erklärung des am Muskel und Nerven in dieser Beziehung beobachteten. Es dringt sich uns dabei mit Nothwendigkeit der Gedanke auf, dass die Molekulartheorie mehr als eine blosse Hypothese ist. Die elektrischen Moleküle des Bois-Reymond's mit zusammengesetztem Bau und gesetzmässiger Stellung müssen in elektrisch wirkenden Organen wirklich vorhanden sein. Es müssen sich entsprechende Ursachen Veranlassung gehende elektrische Ungleichartigkeiten an den kleinsten Organen auffinden lassen, auf deren Anwesenheit und Veränderung die Verschiedenheiten der Entwicklung im ruhenden, arbeitenden und abgestorbenen Organe, in dem der Strom geworden ist, beruhen.

### Chemische Theorien der thierischen Elektrizität.

Du Bois-Reymond weist darauf hin, dass man sich die elektromotorischen Moleküle als die eines besonders lebhaften Stoffwechsels vorstellen könne.

Ich habe gezeigt, was in neuester Zeit von Röber vollständig bestätigt wurde, dass die beim Absterben der Muskeln und Nerven, sowie bei ihrer Aktion auftretende Fleischsäure genügt, um die Vernichtung der elektromotorischen Wirkung bei dem Absterben, die negative Schwankung und die auf den Tetanus folgende Schwächung der elektromotorischen Wirkung zu erklären. Eine geringe Ansäuerung der Nerven- und Muskelsubstanz macht beide stromlos, Neutralisation der Säure bringt den Strom zurück. Andere wirken analog, vor allem das saure phosphorsäure Kali.

Ich beobachtete weiter, indem ich den inneren Grund der Karminfärbung erkannte, dass lebenden Nerven und Muskel, ihrem regelmässigen mikroskopischen Bau entsprechend, massig gelagerte Herde eines besonders lebhaften Stoffwechsels sich finden, welche letztere sich auch hier durch Bildung der Säure dokumentirt. In der Nervenfasern ist der Axon- oder der Säurebildungs-herd, im Muskel die Zwischensubstanz, während die doppelt-geordneten Fleischtheilchen wie die ebenfalls aus doppelbrechender Substanz bestehenden Nervenmarktheilchen alkalische Reaktion zeigen. Auf diesen regelmässigen chemischen Un-



gleichartigkeiten beruhen die regelmässigen elektromotorischen Wirkungen. In jeder Zelle ist besonders der Kern ein Centralherd der Säurebildung. Angelegte Zellenreihen, wie bei der Froschhaut, den Magedrüsen etc. werden daher Anlass zu regelmässigen elektromotorischen Wirkungen geben müssen. Der Gravitativen Schwankung und der Schwächung der elektromotorischen Wirkungen durch sie beruht offenbar darin, dass dadurch, dass die früher alkalischen Gewebe sauer werden, eine chemische und dadurch elektrische Gleichartigkeit des ganzen eintritt. Durch Neutralisation der Säure in den normal alkalischen Gewebesparten die normale chemische und damit die elektrische Differenz wieder her.

Unsere Anschauung von dem Vorgang der negativen Schwankung, dass auf den normalen Reiz zunächst an der gereizten Stelle eine Steigerung des mit Milchsäurebildung erfolgt, dieselbe bewirkt zuerst die negative Schwankung. Nerven ein Stadium der erhöhten Erregbarkeit (cf. oben S. 618), und darauf die Erregung. Untersuchungen über Gährung (J. RASKE) beweisen, dass die heftigeren Säuremengen die organischen Stoffwechselvorgänge beschleunigen, primär saueren Stelle aus verbreitet sich die Steigerung des Stoffwechsels und Säurebildung in der Nerven- und Muskelfaser weiter, gleichzeitig negative Schwankung, erhöhte Erregbarkeit und Reizung bewirkend.

JUSTUS V. LIEBIG hatte es schon vor längerer Zeit versucht, chemische Differenzen zu finden, genügend, um eine immer fliessende Elektrizitätsquelle abzugeben, für die dieser äusserst wichtigen Vorgänge.

In der chemischen Untersuchung über das Fleisch (1847) heisst es: «die Lymphgefässe enthalten eine alkalische Flüssigkeit, die sie umgebende Fleisch sauer, die Substanz dieser Gefässe selbst ist für die eine oder andere dieser Flüssigkeiten durchdringlich. Es sind dies zwei Bedingungen zur Hervorbringung eines elektrischen Stromes, und es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass ein solcher an den Thieren einen gewissen Antheil nimmt, obwohl seine Wirkung in eigentlich elektrischer Hinsicht nicht immer wahrnehmbar ist.»

BUFF konstruirte auf LIEBIG's Veranlassung Säulen aus Blut und Muskel, Blut, welche einen starken Strom in der Richtung des Blutes zum Muskel und Gehirn ableitenden Bogen, was nicht angegeben ist) erkennen liessen. Wasser an Stelle des Blutes erzeugte einen nur sehr schwachen Strom. Damit schien Alles erklärt zu sein. Die Reaktion des Muskelsaftes rührt, wie wir durch LIEBIG wissen, von Milchsäure und Phosphorsäure (als saueres phosphorsaueres Kali) her. Bei ausgeschnittenen Muskeln, die als Elektrizitätsquelle noch fortbestehen, sodass auch sie elektrische Ströme erzeugen, muss eine elektrische Spannung bestehen zwischen dem saueren Muskelsaft, der durch den Querschnitt zu Tage steht und der alkalischen Lymphe, die dem Muskel noch anhängt. Der erzeugte Strom muss dabei die Hauptströme zeigen, von der Lymphe zum Muskel im Multiplikationskreis, im Muskel selbst: vom Querschnitt zum Längsschnitt. Für den Morphologen die LIEBIG'sche Hypothese oder Erklärung etwas sehr Einschmeichelndes. Die Beobachtung der Blutgefässe im Muskel und Nerven zeigt eine bewunderungswürdige Regelmässigkeit, sodass auch dann, wenn wir die genannten Organe in Stückchen trennen, ihnen das Blut versehenden Kapillaren noch anhängen bleiben, welche in regelmässigen Maschen quer- und längsgerichtet die einzelnen Fasern umspinnen, sodass jede Faser LIEBIG's in seinem Inneren sauer reagirende Muskel- oder Nervenfasern in alkalisch reagirender Flüssigkeit umspült ist, sodass auch bei dem kleinsten Stückchen gleichen elektromotorisch wirksamen Ungleichartigkeiten wie am Gesamtorgan ständen und Ursache zu galvanischen Strömungen geben könnten.

Trotzdem war die Hypothese nicht stichhaltig. DE BOIS-REMY war im Stande zu zeigen, dass der Muskelsaft des lebenden, geruhten Muskels, der den stärksten Strom zeigt, nicht sauer, sondern alkalisch oder neutral ist; erst bei

erben des Muskels verändert sich die Reaktion in eine saure, ebenso nach heftigen Muskelkontraktionen. Schon damit war der Gedanke an eine Säure-Alkali-Kette zwischen Lymphe und Blut einer- und Muskel andererseits zurückgewiesen. Es gelingen aber auch direktere Beweise. Man kann alles Blut und die Lymphe aus einem Muskel durch Einspritzen von Zuckerlösung in seine Blutgefässe und äusserliches Abspülen entfernen, und der Strom wird dadurch nicht geschwächt, im Gegentheil, die indifferente Flüssigkeit kann den elektrischen Strom des Muskels verstärken. Es war das Letztere nach der Theorie der elektrischen Moleküle, in der leitenden Flüssigkeit eingebettet, vorauszusehen (E. DE BOIS-REYMOND). Die eingespritzte Zuckerlösung hat ein besseres Leitungsvermögen als der Muskelsaft und das Blut etc., der Widerstand in ihr ist geringer und damit der im angelegten leitenden Bogen, als dessen Stück dieselbe anzusehen ist, es musste der abgeleitete Zweigstrom ein grösserer Theil des Gesamtstromes sein als im anderen Falle.

Macht man die Oberfläche des Muskels schwach sauer durch Einlegen in verdünnte Salzsäure, so verschwindet der Muskelstrom in gesetzmässiger Richtung nicht, er wird nur seiner Intensität nicht einmal merklich beeinträchtigt, zum Beweise, dass es tieferliegende kritische Ungleichartigkeiten stärkerer Art sein müssen, die bei dem Muskelstrom zur Geltung kommen.

Dann aber, wenn die Bedingungen der LIEBIG'schen Säure-Alkali-Kette im Muskel wirksam gegeben sind, wenn der Muskelsaft sauer wird durch Absterben oder tetanische Kontraktionen, ist der Strom nicht etwa verstärkt, wie die Hypothese ergeben musste, sondern vermindert, ja er verschwindet endlich mit dem Absterben und der zunehmenden Säuerung gar und gar. Man könnte auf den Gedanken kommen, dass diese Verminderung vielleicht eine Vermehrung durch Zuckereinspritzung nur eine scheinbare sei; dass, während sie tritt, der Widerstand im ableitenden Bogen auf irgend eine Weise vermehrt worden wäre. DE BOIS-REYMOND entging diese Möglichkeit nicht in Beziehung auf die Abnahme des Muskel- und Nervenstroms, wenn diese Organe aus dem ruhenden in den thätigen Zustand übergehen, die sogenannte »negative Stromschwankung« zeigen, welche er aus einer Stellungsänderung der elektrischen Moleküle erklärte. Direkte, von ihm selbst angestellte Experimente ergaben das Gegentheil; während der negativen Schwankung des Muskelstromes ist der Leitungs-widerstand der Muskelsubstanz sogar etwas geringer als in der Ruhe, sodass also die Verminderung der elektromotorischen Wirkungen auf eine Zeit fällt, in welcher die Widerstände im ableitenden Bogen nicht zu- sondern abgenommen haben. Am Nerven bleiben sie, wie es scheint, die Widerstände gleich. Ich konnte nachweisen, dass der abgestorbene Muskel, der keine elektromotorischen Wirkungen mehr zeigt, etwa um das Doppelte besser leitet als der lebende. Es gelang mir den inneren Grund dieses Vorganges auch auf chemische Veränderungen im Muskelsafte zurückzuführen. Es ist ebenfalls die Bildung von Milchsäure und von anderen verhältnissmässig gut leitenden Zersetzungsprodukten im Muskel, zum Theil aus schlecht oder vielmehr an sich gar nicht leitenden Stoffen, der Grund für die Zunahme des Leitungsvermögens des Muskels während der Kontraktion sowohl als während des Absterbens. Diese Beobachtung war insofern nicht ganz unwichtig, weil sie im ersten Male mit aller Entschiedenheit eine elektrische Gewebeeigenschaft auf chemische Ursachen zurückführte. —

L. HERMANN hat eine Theorie der elektromotorischen Wirkungen der Gewebe aufgestellt, nach welcher dieselben erst bei dem Absterben derselben auftreten sollten. Absterbende oder in ihren Lebenseigenschaften geschwächte Gewebssubstanz verhalte sich negativ gegen lebende, resp. lebensstärkere. E. DE BOIS-REYMOND, H. MUNK u. A. haben seine Theorie und die fehlerhaften Grundlagen, auf denen er sie aufgebaut hat, definitiv widerlegt.



## II. Der elektrische Strom in seinen Einwirkungen auf die Lebereigenschaften der Gewebe.

Wir haben bisher den eigenen elektrischen Strom der Gewebe in einer Wechselbeziehung stehend gefunden mit ihren Lebereigenschaften. Wie wie jede Schwächung der letzteren sich als eine Schwächung der elektrischen Kraft geltend machte; mit dem Aufhören des Lebens verschwand elektrischen Wirkungen ebenfalls; während der Thätigkeit der Organe sich ihre galvanischen Ströme wesentlich verändert. Jetzt stellt sich uns die Frage entgegen: was für einen Werth haben diese elektrischen Ströme im Haushalte des Organismus? Was für eine Rolle ist ihnen von der Natur ertheilt? Schon ihr Gebundensein an die volle Lebensenergie der Organe weist uns darauf hin, dass sie für den Lebensprocess selbst unentbehrlich sind. Wir wollen versuchen, wie weit es uns gelingt, sie in ihrer Wirksamkeit zu vermindern. Der elektrische Strom der Muskeln und Nerven muss bis zu einem gewissen Grade ähnliche, ja die gleichen Wirkungen üben, als ob wir einen solchen Strom auf diese Gewebe, natürlich in gleicher Richtung, einwirken lassen.

### Elektrotonus.

Leitet man durch eine Strecke eines Nerven einen konstanten galvanischen Strom (polarisirenden Strom), so wird der Zustand des Nerven seiner Länge nach, in Beziehung auf sein elektromotorisches Verhalten, verändert. Bois-REYMOND belegte diese Veränderung mit dem von FARADAY für die Schliessungsinduktionsstrom zu Grunde liegende Veränderung der beständige Induktion zuerst gebrauchten Namen: Elektrotonus oder elektrotonischer Zustand.

Neben der Aenderung seines elektromotorischen Verhaltens zeigte die elektrotonische Nerve auch eine ganz entsprechende Aenderung seiner Erregbarkeit (PFLÜGER).

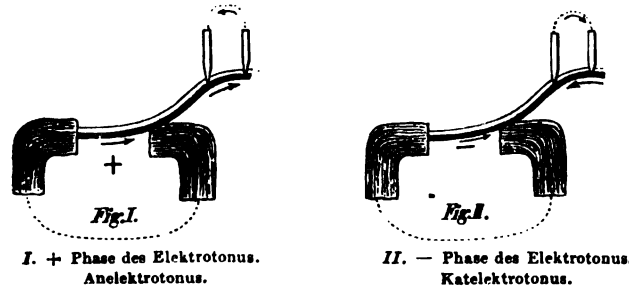
**E. du Bois-Reymond's Elektrotonus.** — Der Nerve beginnt, sobald irgend eine Strecke seiner Länge von einem elektrischen Strom betroffen wird, sofort an seinen Punkten im Sinne jenes erregenden Stromes elektromotorisch zu wirken. Dieser Elektrotonusstrom summirt sich algebraisch zu dem Nervenstrom. Der letztere scheint dann gesteigert, wenn Elektrotonusstrom und Nervenstrom im Nerven die gleiche Richtung haben, im umgekehrten Falle Nervenstrom scheinbar geschwächt (Fig. 187).

Der veränderte elektromotorische Zustand der Nerven an der positiven Elektrode = Anode wird als Anelektrotonus, der Strom dieser Nervenstrecke Anelektrotonusstrom bezeichnet. Umgekehrt spricht man bei der negativen Elektrode = Kathode anliegenden Nervenstrecke von Katelektrotonus und Katelektrotonusstrom.

Der elektrotonische Zustand des Nerven ist am stärksten in unmittelbarer Nähe der Elektroden des konstanten Stromes und nimmt mit der Entfernung von diesen stetig ab.

sindet man den Nerven mit symmetrisch zu seinem Aequator gelegenen Punkten mit polarisierbaren Multiplikatorelektroden, wobei der normale Nervenstrom nicht zur

Fig. 487.



lung kommt, und lässt man nun einen elektrischen Strom einwirken, so tritt der onusstrom rein in Erscheinung. Ist der Nerve von zwei Querschnitten begrenzt, en aus, wie wir wissen, in entgegengesetzter Richtung die Nervenströme zum Aequa- aufen, und die Elektroden des zur Erzeugung des Elektrotonus verwendeten kon- Stromes schliessen den Aequator in sich ein, so ist der Elektrotonusstrom dem einen len von je einem Querschnitt zum Aequator verlaufenden Nervenströme gleich, dem entgegengesetzt gerichtet, der eine erscheint dann geschwächt, der andere verstärkt. ois-REYMOND bezeichnete früher diese scheinbare Verstärkung des natürlichen Ner- mes als positive, die scheinbare Schwächung desselben als negative Phase ktrotonus. Die positive Phase ist aber nur ein Einzelfall des Anelektrotonus, ebenso ative ein Einzelfall des Katelektrotonus.

erbricht man die Einwirkung des konstanten Stromes, so kehrt der icht sogleich in sein früheres elektromotorisches Verhalten zurück. Den normalen strom fand ich stets scheinbar geschwächt nach beiden Elektrotonusphasen. FICK ese »Modifikationen« des elektrischen Verhaltens des Nerven auf »elektrotonische tröme« zurück, von denen er zunächst angab, dass sie beide den Elektrotonus- entgegengesetzt gerichtet seien, was er jetzt nur noch für den Anelektrotonus- om festzuhalten scheint.

elektromotorische Kraft der Elektrotonusströme ist sehr gross, E. DU BOIS-REYMOND bis zu 0,5 Daniell. Der neue elektromotorische Zustand des Nerven im Elektrotonus kein Zustand des Gleichgewichtes. Es zeigt sich, dass vom ersten Augenblick an, Beobachtung möglich ist, der Katelektrotonus sinkt, um sich allmählich einer unteren zu nähern, der Anelektrotonus hingegen von dem entsprechenden Augenblick an ein Maximum erreicht und erst dann nach vergleichsweise langer Zeit sinkt.

Elektrotonus rührt nicht etwa von hereinbrechenden Stromschleifen des konstan- mes in den Multiplikatorkreis her. Schneidet man das direkt von dem Strome durch- Nervenstück ab, während das, von dem man den Nervenstrom ableitet, unverrückt Bauschen liegen bleibt, und legt nun die Schnittenden wieder fest an einander an, so it die Möglichkeit der Stromschleifen nicht verringert. Es zeigt sich dabei jedoch, Elektrotonusphasen verschwinden, zum Beweise, dass diese in einer Wirkung auf venmoleküle selbst, auf einer Polarisation derselben beruhe.

e Erscheinung erklärt sich mit Hilfe der DU BOIS-REYMOND'schen Molekularhypothese. arisierende Strom bewirkt eine Stellungsveränderung der elektrischen Moleküle. Die re Anordnung kann unter seiner Einwirkung in der direkt durchflossenen Nerven- nicht fortbestehen, die dipolaren Moleküle werden säulenartig polarisiert. gerichtet, dass jedes seinen positiven Pol der negativen Elektrode seinen negativen positiven Elektrode zukehrt, ganz in derselben Weise, in der bei der Elektrolyse



die Flüssigkeitsmoleküle gestellt werden. Auch die nicht vom Strom durchflossenen durchflossenen zunächst benachbarten Moleküle nehmen diese Stellung ein auf letztere auch eine gewisse Richtkraft ausüben, mit ihren positiven Polen anziehen und umgekehrt. Die Drehung der Moleküle der nicht direkt durchflossenen Strecke ist am vollkommensten in dem angegebenen Sinne, je näher sie liegen, mit der Entfernung nimmt die Stellungsveränderung, die Grösse der Drehung mehr ab. Hierdurch wird nun im ganzen Nerven eine Veränderung der elektr. Wirkung gesetzt im Sinne der Richtung des polarisirenden Stromes. Der Nerv stärker werden, wenn der polarisirende ihm gleich, schwächer, wenn er entgegengesetzt gerichtet ist.

Das innere Wesen des Elektrotonus suchte E. du Bois-REYMOND in Elektrotonus ein Strom auf einen Nerven wirkt, ergeht es letzterem gleich jedem anderen. Es wird Elektrolyse eingeleitet, welche mit säulenartiger Polarisation (cf. unten meine Beobachtungen).

Solche Veränderung der Stromstärken je nach der Einwirkungsrichtung des Stromes zeigen sich am Muskel nicht in der Weise wie am Nerven, sondern grösseren Leichtigkeit, die Polarisation anzunehmen, einen wesentlichen Unterschied Muskel und Nerven wahrnehmen. Absolut fehlt jedoch auch dem Muskel nicht. Nur scheint bei ihm die polarisirende Wirkung sich nur in der Nähe der Pole zu zeigen (A. v. BEZOLD cf. unten).

**Pflüger's Elektrotonus.** — Leitet man durch einen Theil eines lebenden Nerven einen konstanten elektrischen (polarisirenden) Strom, so wird die Erregbarkeit des Nerven auf seiner ganzen Länge verändert an der negativen Kathode erhöht: Katelektrotonus, an der positiven Elektrode vermindert: Anelektrotonus. Am stärksten ist die elektrototonische Veränderung der Erregbarkeit in unmittelbarer Nähe der Elektroden selbst, mit der Entfernung von denselben zuerst schneller, dann langsamer allmählich der Null zu nähern. Nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes kehrt der Nerve erst durch gewisse »Modifikationen der Erregbarkeit« zur Norm zurück. Die anelektrototonische Nervenstrecke zeigt nach Oeffnung des polarisirenden Stromes eine Steigerung ihrer Erregbarkeit: positive Modifikation, welche allmählich abklingt; die katelektrototonische Strecke zeigt, nach Oeffnung des polarisirenden Stromes zunächst eine Abnahme der Erregbarkeit: negative Modifikation, die aber bald auch in positive Modifikation übergeht allmählich abklingt.

In Beziehung auf die Ausbildung und die Inkonzanz der elektrototonischen Zustände herrscht zwischen dem E. du Bois-REYMOND'schen und Pflüger'schen Elektrotonus eine Uebereinstimmung.

Pflüger nennt die von dem polarisirenden Strom unmittelbar durchflossenen intrapolare, die zu beiden Seiten gelegenen die extrapolaren. Die intrapolare Strecke, an welcher die beiden elektrototonischen Zustände: Anelektrotonus und Katelektrotonus an einander grenzen, heisst der Indifferenzpunkt. In der intrapolaren Strecke ist die Erregbarkeit ebenso wie in der extrapolaren Strecke in der Nähe der Anode herabgesetzt, in der Nähe der Kathode erhöht, beides ebenfalls am stärksten in unmittelbarer Nähe der Elektroden, mit der Entfernung von letzteren nehmen die Erregbarkeitsveränderungen ab und grenzen im Indifferenzpunkt, an welchem die Erregbarkeit unverändert ist, zusammen. Bei schwachen Strömen liegt der Indifferenzpunkt in der Mitte der intrapolaren Strecke, je stärker der Strom wird, desto näher rückt er dagegen an die Kathode, die Lage des Indifferenzpunktes ist also als eine Funktion der Stromstärke. Die Veränderung der Erregbarkeit

polaren Strecke ist die algebraische Summe der Veränderungen an den einzelnen Stellen. Erregbarkeit ist also erhöht, wenn wie bei schwachen Strömen ein grösserer Abfall der intrapolaren Strecke im Zustande des Katelektrotonus begriffen ist, bei starken Strömen aus dem entgegengesetzten Grunde vermindert. Bei mittelstarken Strömen, bei denen der Indifferenzpunkt in der Mitte der intrapolaren Strecke liegt, erscheint die Gesamterregbarkeit derselben unverändert.

**Prügen** unterscheidet zwischen aufsteigenden und absteigenden Elektrotonus. Im ersteren Fall (aufsteigend) befindet sich der polarisirende Strom zwischen dem Muskel und der Stelle, an welcher die Erregbarkeit des Nerven geprüft wird (Reizstelle), im zweiten Fall (absteigend) befindet sich die Reizstelle zwischen polarisirendem Strom und Muskel. Der absteigende Elektrotonus zeigt bei allen Stromstärken seine beiden Phasen deutlich. Auch der aufsteigende Anelektrotonus zeigt sich stets sicher. Der aufsteigende Katelektrotonus ist schon bei sehr schwachen Strömen bemerkbar und wächst anfänglich mit der Stärke des polarisirenden Stromes, erreicht aber bei weiterer Stromverstärkung Maximum, nimmt dann ab, wird zu Null und endlich negativ, d. h. er geht in eine Vergrößerung der Erregbarkeit über. Der Grund für diese abweichende Erscheinung liegt darin, dass bei dem aufsteigenden Elektrotonus, wo die s. v. v. gesamte elektrotónische Nervenstrecke mit ihren beiden Phasen der erhöhten und verminderten Erregbarkeit zwischen Reizstelle und Muskel liegt, die in ihrer Erregbarkeit übermässig herabgesetzte anelektrotónische Nervenstrecke, die dem Muskel näher liegt, die Durchleitung der Erregung von der elektrotónischen Strecke aus zuerst in geringerem, dann in stärkerem Maasse vermindert.

Die elektrischen Modifikationen des Nerven und seine Erregbarkeitsveränderungen im Elektrotonus zeigen einen nicht zu verkennenden Zusammenhang. Wir haben schon oben (S. 659) erkannt, dass die Erhöhung der Erregbarkeit des normalen Nerven im Allgemeinen eine Verminderung der Lebens Eigenschaften bedeutet, mit der, wie wir (S. 659) sahen, auch eine Verminderung seines elektrischen Stromes eintritt. Grössere Stärke des elektrischen Nervenstromes geht also umgekehrt mit der normalen geringeren Erregbarkeit des Nerven Hand in Hand. Liegt der Aequator des Nerven in der intrapolaren Strecke, so ist sofort deutlich, dass die scheinbare Verstärkung des Nervenstromes im Anelektrotonus mit einer Herabsetzung der Erregbarkeit, die scheinbare Schwächung des Nervenstroms, wie zu erwarten stand, mit einer Erhöhung der Erregbarkeit verknüpft ist: Gesetz des Elektrotonus (J. Raské). Lage des Aequators ist bei näherer Betrachtung der hier obwaltenden Stromverhältnisse keineswegs entscheidend. Es kann sich der Aequator innerhalb der Strecke befinden, von der man den Strom von Längsschnitt und Querschnitt am Multiplikator ableitet, man diese Strecke sogar nahezu halbiren, und doch bekommt man einen Hauptstrom, der unter allen Umständen im Katelektrotonus scheinbar vermindert, im Anelektrotonus erhöht wird. Verhindert man den Nerven mit zum Aequator vollkommen symmetrischen Punkten mit dem Multiplikator, so kann sich an letzterem nur der Elektrotonus zeigen, trotzdem ist hier aber natürlich doch durch die säulenförmige Polarisation eine elektromotorische Veränderung des Hauptnervenstroms eingetreten, die wir bei der Ableitung an demselben Nerven direkt sichtbar nachweisen können. Anelektrotonus und Katelektrotonus lassen den Nervenstrom vermindert zurück, dieser Nachwirkung entgegen die dem Prügen'schen Elektrotonus nachfolgenden Modifikationen der Erregbarkeit, die nach beiden Elektrotonusphasen eine Erhöhung der Erregbarkeit bewirken. Die von Fick früher angegebene scheinbare Verstärkung des Nervenstroms nach dem Auftritte des Katelektrotonus der rasch vorüber gehenden Verminderung der Erregbarkeit, der gegenwärtigen Modifikation Prügen's entspricht, ist noch festzustellen.

**Bois-Rey'scher Elektrotonus.** — Wir haben oben S. 672 erwähnt, dass E. de Bois-Rey das Phänomen des Elektrotonus auf Elektrolyse der Nerven durch den polarisirenden Strom zurückführt. Ich habe die Nerven elektrolyse und den Einfluss der elektrolytischen Produkte des Nerven auf sein elektromotorisches Verhalten und seine Erregbarkeit untersucht.



Zu bemerken ist vorläufig, dass die Erzeugung des Elektrotonus auch mit unpolarisierenden Elektroden gelingt, welche nur eine sehr geringe Polarisierung zeigen. Gelingen sie auch vollkommen mit metallischen Elektroden, bei denen die Elektrolyse hervortritt. Die Muskeln zeigen die elektromotorischen Eigenschaften des Lichts nicht, ebenso wenig andere feuchte Leiter oder todt e Nerven. Wir haben, jedenfalls mit Resultaten der Elektrolyse zu thun, welche mit dem lebendigen Nerven auf das innigste verknüpft sind, und welche unter Umständen auch durch solche Ströme im Organismus selbst physiologisch erfolgen müssen.

Untersucht man einen Nerven, an welchem man den Elektrotonus mit metallischen Elektroden erzeugt hat, mit Reagenspapier, so zeigt die Anlagerungsstelle der Anode, die Anlagerungsstelle der Kathode eine verstärkte alkalische Reaktion.

Meine Untersuchungen ergaben nun, dass von Säuren und Alkalien, so lange Produkte der Elektrolyse bei geschlossenem Strom, nur auf der Oberfläche des Nerven sich befinden, die Alkalien den normalen Nervenstrom scheinbar zu erhöhen = alkalische Reaktion an der Kathode, die Säuren ihn scheinbar etwas zu erniedern = saure Reaktion an der Anode. Wenn beide (Alkali und Säure) in die Substanz des Nerven eindringen, so folgt bei beiden die, für Säuren schon oben erwähnte, Verminderung des Nervenstroms.

Ebenso und noch leichter gelingt es mit Hülfe von Säuren und Alkalien die Erregbarkeit im Elektrotonus hervorzurufen. Macht man eine kleine Nervenfaser oberflächlich sauer reagierend, was vollkommen leicht und unzweideutig mit Reagenspapier, die man auf den Nerven einwirken lässt, gelingt, so sinkt an ihr die Erregbarkeit. Minderung der Erregbarkeit an der Anode, macht man eine minimale Nervenfaser durch Kali oberflächlich stärker alkalisch, so zeigt sich die Erregbarkeit nahe gegeben. Erregbarkeit ungemein erhöht = Erhöhung der Erregbarkeit an der Kathode.

Nach dem Öffnen der elektrischen Kette haben die Produkte der Elektrolyse keine Zeit, in den Nerven einzudringen. Wir wissen schon, dass die daraus erfolgenden Veränderungen der inneren Nervenreaktion stets mit Erhöhung der Erregbarkeit = Minderung der Erregbarkeit nach dem Elektrotonus verknüpft sind. Jedenfalls ergeben diese Versuche, dass die Produkte der Elektrolyse ganz in demselben Sinne die Lebenseigenschaften des Nerven beeinflussen, wie der elektrische Strom selbst.

Die Erregungsleitung wird durch beide Elektrotonusphasen verzögert (A. v. R.

Die negative Schwankung des Nervenstroms im Elektrotonus untersuchte R. B. R. fand, dass dieselbe stets der gerade im Elektrotonus vorhandenen Stromrichtung entgegengesetzt ist; ist die Stromrichtung des Nerven im Elektrotonus umgekehrt, so tritt die negative Schwankung als eine Abnahme auch dieses Stromes auf. Bei schwachen Strömen fand er den Veränderungen der Erregbarkeit entsprechend in der katodischen Nervensecke die negative Schwankung gesteigert, in der anodelektrototonischen vermindert.

Die Modifikationen der Erregbarkeit durch den konstanten Strom haben H. H. H. u. A. studirt, sie beruhen auf Elektrolyse. Jeder konstante Strom, welcher eine Nervensecke eine Zeit lang durchströmt, versetzt diese in einen Zustand, in welchem die Wirkung dieses und der Schluss des entgegengesetzt gerichteten Stromes eine halbe Sekunde ausführt. Das Schliessen des Stromes in entgegengesetzter Richtung ist entweder fördernd oder hemmt eine vorhandene Bewegung (den Öffnungstetanus). Die Modifikation verhält sich ganz analog.

### Die elektrische Reizung, Zuckungsgesetz.

Wir haben unter den Nervenreizen, die den motorischen Nerven zur Kontraktion seines Muskels, den sekretorischen zur Erregung

absonderung, den sensiblen zur Erregung von Schmerz veranlassen, vor Intensitätsschwankungen elektrischer Ströme erwähnt (cf. S. 650).

Man hatte früher geglaubt, dass für die Stärke der Erregung des Nerven vor allem die Stromstärke (Stromdichte) des elektrischen Stromes von Einwirkung sei, mit Hilfe dessen man den Nerven reizte. E. du Bois-REYMOND zeigte, dass die Stromdichte an sich für den Erfolg der Reizung ziemlich unwesentlich sei, er stellte zunächst für den motorischen Nerven, aber auch für den Musculus auch für den sekretorischen sensiblen Nerven geltende Gesetz der elektrischen Reizung auf:

Nicht der absolute Werth der Stromdichte ist das die Höhe der Zuckung bedingende Moment, sondern die Grösse ihrer Schwankung innerhalb zweier aufeinander folgender, sehr kleiner Zeittheilchen, und im Allgemeinen ist die Zuckung um so stärker, je grösser die Schwankung des Stromes in der Zeiteinheit ist.

solche erregende Stromschwankungen lassen sich am einfachsten durch das Öffnen oder Oeffnen eines konstanten Stromes, dessen Elektroden man dem Nerven (oder Muskel) anlegt, erreichen. Die Dichte schwankt dabei von einer bestimmten Höhe zu Null und umgekehrt. Ein Mittel rasch in ihrer Dichte schwankende Ströme zu erzeugen, sind die Induktionsapparate. Mit Hilfe von geeigneten Apparaten, z. B. Schwingungsrheochord, welche geschlossen, ohne den Nerven zu öffnen oder zu schliessen, willkürlich Dichtigkeitsschwankungen desselben Stromes erzielen, kann man das angegebene Gesetz auch für den geschlossenen bleibenden konstanten Strom beweisen.

Wie insofern steht die Nervenirregung in einer Abhängigkeit von der Stromstärke selbst, so die Muskelzuckung, welche die Nervenirregung hervorruft, wächst von Null Stromstärke zu einer bestimmten Höhe, an der sie ihr Maximum erreicht. FICK und A. B. MEYER haben gezeigt, dass kurz andauernde, den Nerven aufsteigend durchfliessende konstante Ströme, ebenso Schliessungsinduktionsschläge, bei allmählicher Steigerung ihrer Stromstärke erst ein Maximum erreichen, dann, nachdem das Maximum einige Zeit (bei weiterer Steigerung) angehalten, bei noch weiterer Steigerung abermals wachsende Zuckungen geben, auf ein zweites höheres Maximum zu kommen; der Grund dafür ist noch streitig.

Ein mittelstarke konstanter Strom, so lange er ohne Schwankung seiner Intensität den Nerven durchfliesst, erregt den Nerven nicht. Von diesem Verhalten machen sehr schwache und sehr starke Ströme eine Ausnahme, welche beide Tetanus, besonders an sehr reizbaren Nerven, hervorrufen. Vor allem reagirt auf schwache konstante Ströme das Rückenmark mit starkem Tetanus. Man sucht sich auch diese Erscheinung durch elektrolytische Wirkungen der Ströme zu erklären.

Nach FICK darf die Dauer der Einwirkung des konstanten Stromes auf den Nerven unter einem bestimmten unteren Grenzwert (0,004 Sek.) nicht sinken, damit der Strom seine volle reizende Wirkung auf den Nerven entfalte. Nach den Angaben E. du Bois-REYMOND's nimmt man an, dass der Uebergang des Nerven in den erregten Zustand und aus diesem in den ruhenden zurück momentan erfolgt: »die Nervenmoleküle besitzen ein unendlich kleines Reizmoment.«

Die Stromschwankungen erregen den Nerven am stärksten, wenn sie ihn der Länge nach durchfliessen, ihre Wirksamkeit ist sehr gering oder bleibt bei geringer Stromintensität ganz aus, wenn sie in der Querrichtung den Nerven durchsetzen.

In der nächsten Nähe von Querschnitten von Nervenästen zeigt sich für einige Zeit nach der Anlegung des Querschnitts die Erregbarkeit des ausgeschnittenen Nerven-



stammes erhöht. Musk fand solche „ausgezeichnete Stellen“ am Ischiadicus, an den Abgangsstellen der Oberschenkeläste und an der Stelle des Nerven. Es sind das, wie ich finde, normale Elektrotonusstellen. Der Nervenstrom wird an den ausgezeichneten Stellen an Querschnitten von dem starken Nervenstrom durchflossen, welcher von dem angelegten Nervenast zu dem Längsschnitt seiner Fasern verläuft. Ganz analog wirkt die Ueberlegung und das Experiment zeigt, die Wirkung des Abganges eines Astes stamme selbst ohne Anlegung eines Querschnitts.

Eine eigenthümliche Gestalt nimmt die elektrische Erregung des Nerven durch die uns im vorhergehenden Kapitel bekannt gewordenen Schwankungen motorischen Verhältnisse der thierischen Gewebe: Muskel und Nerve erfährt eine Nervenregung (Zuckung) vom Muskel und vom Nerven aus. Beide sind nicht identisch, wie E. du Bois-Reymond gezeigt hat.

Die Zuckung vom Muskel aus erfolgt dann, wenn wir an einen Muskel von einem anderen Nervenmuskelpräparates anlegen und nun den ersten Muskel Nerven aus zur Zuckung erregen. Es entsteht, wie wir wissen, bei jeder Muskelzuckung eine negative Schwankung des elektrischen Muskelstromes, es muss durch eine angelegte Nerve erregt und dadurch der zweite Muskel auch zur Zuckung geleitet werden. Dieser Versuch gelingt wirklich. Versetzt man den primären Muskel nicht in eine Zuckung, sondern in Tetanus, so verfällt der sekundäre Muskel ebenfalls in Tetanus und gewinnt dadurch einen sehr wichtigen Einblick in die elektromotorischen Verhältnisse des tetanisirten Muskels. Am Multiplikator sehen wir im Tetanus nur eine einfache Schwankung eintreten, es scheint daraus also eine konstante Abnahme des elektrischen Muskelstromes dabei zu erfolgen. Dieser Versuch (Tetanus vom Muskel aus) lehrt, dass sich diese negative Schwankung des Muskelstromes zusammensetzt aus fortwährenden Intensitätsschwankungen des Stromes nach auf- und nach abwärts, wie wir wissen, auf diese Weise der Nerve und Muskel elektrisch tetanisirt wird (S. 600).

Um die Zuckung vom Nerven aus entstehen zu lassen, hat man ein isolirtes Nervenstück an einen motorischen Nerven (Ischiadicus), der noch mit dem Muskel verbunden ist, anzulegen. Der Muskel des zweiten Nerven zuckt, wenn man die Nervenstücke eine nicht zu schwache Kette öffnet oder schliesst. Die Zuckung ist aber nicht durch die schwache, rasch vorübergehende negative Schwankung des Stromes, sie fehlt bei anderen als elektrischen Reizungsakten, sondern durch die stärkeren Stromschwankungen, welche dem Elektrotonus angehören, von denen du Bois-Reymond gezeigt hat, dass sie sich von einem direkt polarisirten Nerven auf einen zweiten Nerven verbreiten können (sekundär elektrotonischer Zustand). Diese Elektrotonusphasen pflanzen sich nach auf- und abwärts im Nerven eine beträchtliche Strecke fort. Dieser Versuch der Zuckung vom Nerven aus wird zum Beispiel durch folgende Anordnung. Der N. ischiadicus des Frösches theilt sich am Unterschenkel zu in zwei Äste die Rr. peroneus und tibialis. Präparirt man Muskelpräparate den unten abgeschnittenen Ramus peroneus möglichst weit von oben frei, so hat man ein ähnliches Präparat, als ob wir zwei Nerven an einem Orte hienieden verlaufen die Nervenfasern für beide Nerven zwar, wie wir wissen, getrennt in einer gemeinschaftlichen Scheide eingebettet, im selben Nerven. Reizt man nun den Ramus tibialis in der obigen Weise, so zucken alle vom R. tibialis versorgten Muskeln, es breitet sich also der Erregungszustand des motorischen Nerven von der gereizten Stelle nach unten hin fort, was man nicht vermuthet hatte, sondern man findet ausserdem, dass der Erregungszustand von einer Nervenfasern auf eine ihr benachbarte gehen und diese mit erregen kann. Es widerspricht dieser Befund scheinbar ein logischen Grundgesetze: dem Gesetz der isolirten Leitung, welches lehrt, dass der Reizzustand einer Nervenfasern durch einen Nerven hinläuft, ohne eine andere Nervenfasern zu erregen. Nur dadurch wird es ja ermöglicht, dass der vom Gehirn oder vom Sin-

zentrum oder Sinnesapparat ausgehende Erregungszustand einer Nervenfasern hervorbringt. Wäre diese isolirte Leitung nicht, so würde eine Erregung, welche eine Nervenfasern in einem Nerven (oder im Rückenmark oder Gehirn), alle benachbarten Nervenfasern mit erregen, es wäre keine geordnete Thätigkeit in Nerven möglich. E. du Bois-Reymond hat gezeigt, dass dieses Gesetz im elektrischen Nerven nicht richtig ist; nicht nur dieser paradoxe Versuch, sondern auch alle elektrischen Versuche im Nerven (und Muskel) zeigen, dass ein Isolirtbleiben des elektrischen Zustandes einer Faser nicht stattfindet, wir haben dort ja überall Summeneffekte vor uns. Trotzdem ist bei normalen Lebensbedingungen (geringer Grösse der Intensitätsschwankung?) der elektrische Vorgang, welchen wir den Erregungszustand des Nerven im lebenden Thiere betrachten, auf die erregte Nervenfasern beschränkt, da das Gesetz der isolirten Leitung ja für die Erregung der Nerven durch ihre normalen Reize vollkommen gültig ist. Man glaubte annehmen zu dürfen, dass das Mark der Nervenfasern eine die Ausbreitung der (normalen?) elektrischen Veränderungen von einer Faser auf die andere beschränkende Wirkung besitzt. Das Protagen hat vielleicht (Klüver) ein sehr geringes Leitungsvermögen für Elektrizität. Diese Annahme vergisst aber, dass es auch marklose Nervenfasern giebt (cf. Nerven und Rückenmark).

**Zuckungsgesetz.** Die Schliessung und Oeffnung eines konstanten Stromes, also positive und negative Schwankungen des erregenden Stromes, reizen den Nerven nicht in gleichem Masse. Nach Pflüger wird eine Nervenstrecke nur dann erregt, wenn in ihr Katelektrotonus entsteht oder zunimmt, oder Anelektrotonus verschwindet oder abnimmt. Der entstehende Katelektrotonus wirkt stärker als der verschwindende Anelektrotonus.

Die betreffenden Untersuchungen sind an motorischen Nerven gewonnen, seit alter Zeit hat man daher die hierher gehörigen Erscheinungen: Zuckungsgesetz. Erst durch die neueren Untersuchungen ist es in seinem Wesen erhellt worden. Wir müssen uns erinnern (S. 673), dass dadurch, dass man auf ein mittleres Stück eines motorischen Nerven mit seinem Muskel in Zusammenhang stehenden Nerven einen polarisirenden Strom einleitet, der ganze Nerve in zwei Abschnitte zerlegt wird, in dem einen: in der anodischen Strecke, herrscht Herabsetzung, in der katelektrotonischen Erhöhung der Erregbarkeit, so lange der Strom fliesst; nach seinem Aufhören entstehen zunächst die entgegengesetzten Modifikationen. Da nun der Eintritt der Erhöhung der Erregbarkeit im Nerven wirkt, so wird, wenn der elektrische Strom den Nerven aufsteigend, vom Muskel dem markwärts zu, durchströmt, die obere, vom Muskel aus jenseits der intrapolaren Strecke die Nervenstrecke erregt. Bei absteigendem Strom ist die erregte Stelle umgekehrt dem Muskel näher gelegen. Wird der Strom geöffnet, so wird bei aufsteigendem Strom die untere, bei absteigendem die obere die erregte sein. Beide Reizursachen, der entstehende Katelektrotonus und der vergehende Anelektrotonus sind an Stärke verschieden, ersterer wirkt bei schwachen und starken Strömen heftiger. Bei ganz schwachen Strömen ist sogar der verschwindende Anelektrotonus ausgeübte Reiz noch nicht stark genug, um den Nerven in den Erregungszustand zu versetzen, während der entstehende Katelektrotonus die Zuckung schon hervorbringt; so kommt es, dass bei solchen schwachen Strömen nur die Zuckung sowohl in auf- wie in absteigender Richtung Zuckung erzeugt. Bei mittelstarken Strömen wirken beide Reize, es entsteht sowohl Schliessungs- als Oeffnungszuckung, mag der Strom auf- oder absteigend im Nerven gerichtet sein. Sehr starke Ströme machen die Nervenstrecke nach Pflüger zur Erregungsleitung auch für einige Zeit, nachdem sie die Zuckung wirken aufgehört haben, vollkommen unfähig; so kann also der Reiz nur dann zur Zuckung kommen, wenn er auf die untere, zwischen polarisirendem Strom und Muskel liegende Nervenstrecke einwirkt: der aufsteigende Strom wirkt daher als Reiz bei der Oeffnung, der absteigende bei der Schliessung.

Wir haben schon früher (S. 649) das Ritter-Valli'sche Gesetz von der stetigen Erregbarkeit der ausgeschnittenen Nerven besprochen, welche nach einer vorausgegangenen



Erhöhung der Erregbarkeit am Schnittende, vom oberen Ende des Nerven zum v. schreitet. Es beeinflusst diese Veränderung der Erregbarkeit den Nerven in die seine Fähigkeit, auf Stromschwankungen mittelstarker Ströme Zuckungen genau in der gleichen Weise, wie wir das für die Stromstarken eben kennen. Man unterscheidet darnach drei Erregbarkeitsstadien, in denen sich der mittelstarken Reizen gegenüber genau in der oben angegebenen Weise verhält, und erregbare Nerven nur bei der Schliessung des auf- und der Öffnung des absteigenden Zuckung erregen. Das oben angeführte Zuckungsgesetz gilt daher nur für Erregbarkeitsgrade der Nerven: für das sogenannte zweite Erregbarkeitsstadium.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird folgendes Schema leicht verstanden, welchem Z = Zuckung, R = Ruhe des Muskels bedeutet, S = Schliessung, O des reizenden Stromes.

Für die Demonstration der Erregbarkeitsstadien gilt als Reiz ein mittelstarker also Schliessungs- und Öffnungszuckung bei ausgeschrittenen im zweiten Stadium befindlichen Nerven hervorruft.

#### Zuckungsgesetz

Stromstärke:	Aufsteigender Strom		Absteigender Strom		Erregbarkeit
Schwach	S—Z	O—R	S—Z	O—R	
Mittelstark	S—Z	O—Z	S—Z	O—Z	
Stark	S—R	O—Z	S—Z	O—R	

War der zur Reizung verwendete Strom sehr stark oder ein mittelstarker Zeit im Nerven geschlossen, so tritt an Stelle der Öffnungszuckung ein Öffnungs- ein. Pflügen konnte diesen Öffnungstetanus, der sogleich wieder verschwindet, den polarisirenden Strom wieder schliesst, zum Beweise seines Satzes über die Reizung verwerthen. Bei absteigendem Strom ist bei der Öffnung die obere im Zustand des vergehenden Anelektrotonus, schneiden wir diese Nervenstränge einen Schnitt zwischen den Elektroden des geöffneten Stromes, so hört der Tetanus Grund für sein Zustandekommen wegfallt, sofort auf. Bei aufsteigend gelingt dieses Experiment selbstverständlich nicht.

Durch die Untersuchungen von v. Bezold ist es erwiesen, dass das Zucken Nerven ebenso für den s. v. v. seiner Nerven beraubten Muskel mit keiner Frösche seine Geltung hat. Es ist dieses der Hauptbeweis dafür, dass der Muskel in sehr geringem Grade, in den elektrotonischen Zustand übergehen kann, und dass das Zuckungsgesetz sich aus jenem erklärt.

**Elektrotonus des Rückenmarks.** Ein dem Elektrotonus am Nerven analoger sich auch am Rückenmark von Fröschen durch das Hindurchleiten eines elektrischen Stromes in seiner Längsrichtung (die Querrichtung ist, sobald der Strom stark ist, wodurch Stromschleifen entstehen, unwirksam), gleichgültig, ob aufsteigend, erzeugen. Unter diesen Umständen werden die elektrischen Rückenmarkssäulenartig polarisirt; sie bilden unter der Einwirkung der elektrischen zu einem gewissen Grade gewissermaassen starre Säulen, wodurch die Muskeln werden, sich in einer im Winkel auf ihre Polarisationslinie stehenden Richtung.

Der Effekt der Durchleitung des keine Zuckungen erregenden, konstanten Stromes, dass das Rückenmark seine Fähigkeit, auf Hautreize Reflexbewegungen zu kommen verliert oder wenigstens bedeutend vermindert zeigt. Sobald der Strom öffnet ist, kommen entweder momentan oder nach einer Zeit der Nachwirkung zurück (J. RANKE).

Es wird uns diese Wirkung des konstanten Stromes leicht anschaulich, wenn wir denken, dass die Reflexvermittlung doch sicher auf Querleitung im Rückenmark. Dieser Erregungsleitung in der Querrichtung, die wir uns als eine Muskelzuckung zu denken haben, steht nun die oben geschilderte säulenartige Polarisation und Hemmung der Bewegung der geforderten Richtung wirkt.

Wie schon angedeutet, muss selbstverständlich der normale elektrische Strom der Gewebe analoge Wirkung auf die letzteren aussern, wie die in ihren Effekten bisher besprochenen, massen her einwirkenden elektrischen Ströme. Es müssen auch unter ihrer Einwirkung Gewebsmoleküle eine bestimmte Stellung, eine Art Polarisation annehmen, wie durch die Moleküle werden von den normalen elektrischen Gewebsströmen in einer bestimmten Richtung festgehalten werden, es gehört auch hier ein Kraftaufwand dazu, grösser als die Lichtkraft, um in ihnen Stellungsveränderungen zu veranlassen.

**Bedeutung des elektrischen Stromes für die Nerven und Muskeln.** Diese Betrachtungsweise uns einige Fingerzeige für die Beurtheilung der bisher betrachteten Verbindung der elektrischen Eigenschaften der Gewebe mit ihrer Erregbarkeit.

Im Elektrotonus sehen wir den Nervenheil, dessen ableitbarer Strom vermindert die katelektrotonische Strecke — in dem Zustande erhöhter Erregbarkeit, umgekehrt eine Verminderung der Erregbarkeit in der anelektrotonischen Strecke, in welcher sich der Nervenstrom verstärkt zeigt. Die Lichtkraft, unter deren Einwirkung die Moleküle in Bewegung kommen, nimmt, wie es scheint, mit der Intensitätsveränderung des ableitbaren elektrischen Stromes in gleichem Sinne ab und zu. Der Nervenstrom selbst ist demnach als Bewegungshemmung aufzufassen.

Wir verstehen wir nun auch die Beobachtung v. Bezold's und Bernstein's, dass die negative Schwankung des Gewebsstromes in die Zeit der latenten Reizung, also vor den Eintritt der Erregung selbst fällt. Es muss, wie es scheint, stets die Lichtkraft des Stromes zuerst geschwächt werden, ehe es dem Reize gelingt, die Moleküle in die Bewegung zu lenken, welche dem erregten Zustande entspricht.

Wir dürfen darnach weiter schliessen, dass auch sonst bis zu einer gewissen Grenze die Lichtkraft der elektromotorisch wirksamen Gewebe zunimmt mit der Abschwächung ihrer Stromentwicklung; die Hemmung der Bewegung wird geringer werden in Folge Ursachen, die den elektrischen Muskel- und Nervenstrom schwächen, ohne die Lebensbedingungen der betreffenden Gewebe zu vernichten. Die praktische Beobachtung rechtfertigt diese Annahme vollkommen. Wir sehen nach dem Abtrennen des Nerven vom Rückenmark als Erscheinung des Absterbens die Erregbarkeit zuerst steigen. Wir sehen unter bei Froschen, wenn vielfältig der Muskelsaft schon des ruhenden Muskels durch Oxydationsstörungen sauer ist, wenn die Muskeln sehr wasserreich sind und durch beide Umstände die Intensität des Muskel- und Nervenstromes ganz darniederliegt und durch anorganierte, krankhafte palelektrotonische Ströme von der Sehne aus noch weiter geschwächt wird, Nerv und Muskel schon auf die kleinsten Reize mit den heftigsten Krämpfen antworten; nach vorausgegangenem Tetanus, der den normalen Strom schwächt, steigt wir die Erregbarkeit besonders der Nerven erhöht. So wird es uns auch erklärlich, dass wir bei wasserigen, muskelschwachen Individuen, z. B. bei chlorotischen Frauen so leicht auf verhältnissmässig schwache äussere Reize Krämpfe auftreten sehen.

Der starke in der Längsrichtung das Rückenmark durchfliessende elektrische Strom polarisirt die Rückenmarksmoleküle natürlich auch. Es bedarf einer durch sensible Reize zugeleiteten Stromschwankung im Rückenmark, um die Reflexquerleitung zu ermöglichen.

Die Nervenstämme, wenigstens die der unteren Extremitäten, sind stets von einem aufsteigenden Strom — dem Froschstrom — durchflossen, der ihre Moleküle polarisirt. An Eintrittsstelle der Nerven in ihren Muskel, an dem natürlichen Nervenquerschnitt herrscht ein Anelektrotonus, dort muss die Nervenirregbarkeit etwas herabgesetzt sein. Auch der durchgeschnittene Gastrocnemius des Frosches zeigt einen aufsteigenden Strom, der also die Eintrittsstelle des Nerven polarisiren wird. Vielleicht lassen sich darauf die Unterschiede der Erregbarkeit reduciren, welche von Pflüger und Heidenhain an dieser Stelle gefunden wurden. Beide Autoren finden die Erregbarkeit in der Nähe des Nerveneintrittes in den Muskel geringer als an entfernteren Stellen. Nach Heidenhain sinkt die Erregbarkeit vom Muskel weg erst noch etwas, um dann erst zu steigen. Dass die Stärke des Nervenstromes also noch mehr des Muskelstromes ausreicht, um Polarisation im Nerven zu erzeugen, ist



von PFLÜGER direkt erwiesen worden. Er konnte seine Elektrotonusplassen zur Verlegung eines Nervenquer- und Längsschnittes an den auf seine Erregbarkeit zu prüfen = den oben erwähnten ausgezeichneten Nervenstellen MEXX's mit erhalten.

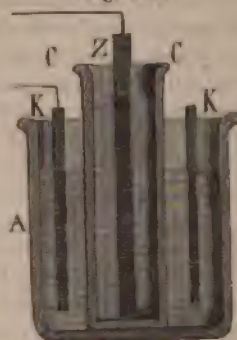
Wir haben den elektrischen Strom der Gewebe in vielseitiger Abhängigkeit von diesen Bedingungen gefunden. Es ist keine Frage, dass er ebenso, wie er verdingt wird, gleichzeitig bedingend auf die Richtung der chemischen Zersetzung in den betreffenden Geweben einwirkt.

### III. Medicinisch-elektrische Apparate und Ve

**Konstante elektrische Ketten.** Als konstante Ketten wendet man vorzugsweise die DANIELL'sche, die GROVE'sche und die BUSSES'sche.

In allen dreien findet sich als positives Metall Zink und zwar amalgamirt, um die elektrischen Ungleichheiten seiner Oberfläche möglichst auszugleichen. Es ist ein Diaphragma von gebranntem Thon in verdünnter Schwefelsäure (auf 1000 K. Wassers 25 Kc. der konzentrierten Säure). Das Kupfer in den DANIELL'schen ist in konzentrierter Lösung von schwefelsauerem Kupferoxyd, in die, um sie stets zu erhalten, einige Krystalle ungelösten Kupfervitriols geworden. Schwefelkupfervitriol stehen durch die Poren des Diaphragma in Berührung. In den Elementen steht an Stelle des Kupfers Platin, in den BUSSES'schen Kohle (Glas).

Fig. 188.



DANIELL'sches Element auf dem Durchschnitt. A Glasgefäß, in welchem in Kupfervitriollösung das cylindrisch gebogene Kupferblech K steht. C Diaphragma mit Schwefelsäure und Zinkcylinder Z.

in konzentrierter Salpetersäure, das Zink in derselben Schwefelsäure wie bei den DANIELL'schen Ketten. Die elektromotorische Kraft der GROVE'schen und BUSSES'schen Ketten ist etwa 4,8 mal grösser als die der DANIELL'schen (Fig. 188, 189). Am Zink ist der negative, an dem anderen Metall (Kupfer, Kupfer, Platin oder Kohle) der positive Pol.

Auch inkonstante Ketten werden hier und da, wo es zwar auf längere

Fig. 189.

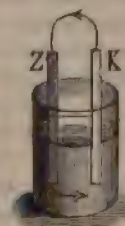


GROVE'sches Zink-Platin-Element. 1. Das Element ist in einem Glasgefäß (A) aufgestellt. Im äusseren Glas steht das Zink in verdünnter Schwefelsäure, innerhalb des Zinkcylinders steht ein diaphragma, in welchem in konzentrierter Salpetersäure ein 8-förmig gekrümmte Platinblech H. steckt. An dem Ende des Blechs ist ein Haken, um die Dämpfe der rauchenden Salpetersäure durch das diaphragma möglichst zurückzuhalten. A. ist mit einer Klemmschraube versehen, eine gleiche ist an Zink zur Aufnahme der Lösungsschraube.

stärke Wirkungen ankommt, benutzt. Bei ihnen findet keine Bindung der Ionen statt, sondern die zwei Elektrizitätserreger — Zink und Kohle — in der gleichen Flüssigkeit, entweder Schwefelsäure oder Chromsäure.

Um die Wirkungen der galvanischen Ketten zu verstärken, kombiniert man mehrere, entweder indem man alle positiven und alle negativen Pole der einfachen Ketten mit einander verbindet (durch Umschrauben oder Löthung), oder indem man abwechselnd je einen positiven und einen negativen Pol auf einander bringt. In dem ersten Falle bildet man aus allen positiven und negativen Metallen ebenso eine grössere einfache Kette, es wird die elektrische Wirkung von der einen Kette zur andern geleitet, an den freibleibenden Polen summirt sich die Elektrizität aller einzelnen. Man wendet diese Methode vor allem dann an, wenn die Widerstände der Leitung ausserhalb des Elementes gering sind, wie z. B. Beispiel bei der Galvanokautik, wo sich nur metallische Verbindungen finden. Bei den thierisch-elektrischen Versuchen so wie bei der Anwendung der Elektrizität auf den menschlichen Körper, der sehr grossen Leitungswiderstand bietet, ist die zweite Art Kombination allein vortheilhaft. Fig. 490 giebt die Stromrichtung an.

Fig. 490



Zink Z und Kupfer K in verdünnter Schwefelsäure, die Pfeile geben die Stromrichtung an.

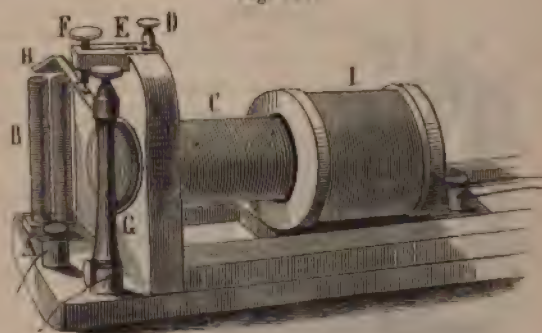
**Elektrische Reizapparate.** Zur Erregung der Muskeln und Nerven sind plötzliche Intensitätsschwankungen des einwirkenden elektrischen Stromes vonnöthen, da ein konstanter Strom für gewöhnlich nicht erregend wirkt. Am einfachsten sind solche durch Öffnen und Schliessen konstanter Ströme zu erreichen. Man sieht dann jedesmal am Froschmuskel eine scharfe Zuckung, bei starken Strömen fühlt man einen lebhaften Schmerz, während bei langsamem Ausdauern des Stromes der Schmerz weniger intensiv ist und gewöhnlich keine Muskelkontraktionen eintreten. Es sind am besten zum Zwecke der Erregung Ströme zu verwenden, welche nicht konstant sind, nur kurze Zeit dauern, während dieser Zeit aber einer bestimmten Höhe anwachsen und dann sogleich wieder abnehmen. Lässt man viele dieser Ströme durch Muskel oder Nerven gehen, so erhält man keine einzelne, sondern

**dauernde Erregung: Tetanus.**

Als solche kurzdauernde, erregend wirkende Ströme sind vor allem die Induktionsströme zu nennen. Die Induktionsapparate leisten Alles, was man in dieser Beziehung verlangen kann, wenn sie wie

Schlittenmagnetstromotor von du Bois-Reymond (Fig. 491) gestalten, welche beliebigen schwachen und starken Ströme anzuwenden und mit grösserer oder geringerer Schnelligkeit sich folgen lassen.

Fig. 491



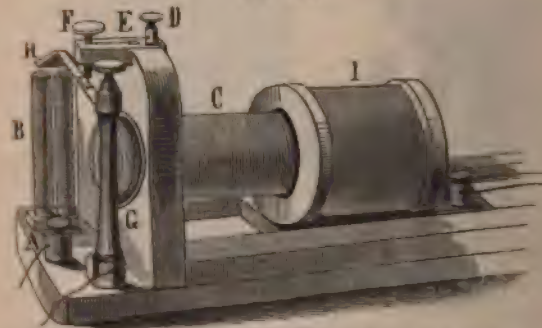
Schlittenmagnetstromotor.

Wir haben an ihm eine primäre C und sekundäre Rolle I, die in einem Falze, in welchem die sekundäre Rolle schlittenartig sich verschieben lässt, leicht von einander beliebig entzogen selbst so weit, dass keine Induktion mehr erfolgt, oder im Gegentheile ganz über einander gezogen werden können. Dadurch ist es möglich, die Intensität der Induktionsströme beliebig zu verringern und zu vergrössern, die grössere oder geringere Annäherung der Rollen gestattet eine sehr zarte Abstufung der Stromstärken. Diese können noch durch Verschieben oder Herausnehmen des Drahtbündels in der primären Spirale in anderer Weise



regulirt werden. Die Raschheit des Oeffnens und Schliessens des inducirten Stromes, zu dessen Erzeugung für physiologische und ärztliche Zwecke, genügen kommen ein einziges mittelgrosses DANIELL'sches Element ausreicht (nur in besonderen Fällen bedarf man eines GROVE'schen oder BUNSEN'schen Elementes), kann durch Einschrauben eines über dem elektrisch bewegten Hammerchen angebrachten Schraubchens bewirkt werden; durch tieferes Einschrauben desselben wird die Entfernung des Hammerchens von seinem als Ambos dienenden Elektromagneten verringert, damit auch die Inductionsdauer und die Zeit der Oeffnung und Schliessung. Das beschriebene Schraubchens in eine feine Spitze ausläuft, leitet dem Hammerchen den bewegenden elektrischen Strom zu, man sieht zwischen ihm und dem letzteren, wenn der Apparat sperrt, Funken springen, welche das Metall des Hammerchens oxydiren. Um letzteres möglichenfalls zu schützen ist ein Platinblättchen unter der Schraubenspitze auf den Hammer gesetzt, trotzdem dass Platin sehr schwer oxydirbar ist, manchmal geputzt werden muss, um eine metallische Berührung und damit den Gang des Apparates fort dauern zu lassen. Der Apparat wird dem Apparat durch zwei Klemmschrauben *A* und *G* zugeleitet, von denen die eine am Fusse des den Hammer tragenden Säulchens, das andere unten neben dem Apparat. Jede ist gewöhnlich mit einem Buchstaben: *K* oder *Z* bezeichnet, zur Andeutung, ob die eine für Aufnahme des Zink-, die andere für die des Kupferpoles bestimmt ist. Die Wahl der einen oder anderen Klemmschraube für Zink oder Kupfer hat keinen Zweck, die Stromrichtungen in dem Magnetelektromotor gleichmässig zu erhalten, die inducirten Ströme in der sekundären Spirale wechseln, wie wir gesehen haben, nicht in ihrer Richtung. Der Oeffnungsstrom verläuft aber viel schneller als der Schliessstrom, er wirkt daher auch so weit energischer als dieser, sodass praktisch nur seine Wirkung in Betracht kommt. Die Versuche ergeben nun, dass die Reizung durch inducirte Ströme der negativen Elektrode (an welcher der Strom den Körper wieder verlässt) stärker ist als an der positiven (an welcher der Strom eintritt). Man thut daher am besten die reizende Elektrode (für die Muskeln die kleinere, für die Hautnerven den Finger) an die Klemmschraube der sekundären Spirale zu verbinden, welche für den Oeffnungsstrom die negative Elektrode ist. An der sekundären Spirale finden sich zwei Klemmschrauben, welche zur Aufnahme der als Elektroden dienenden Drähte dienen.

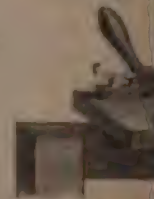
Fig. 192.



Schlittenmagnetelektromotor. *C* primäre *I* sekundäre Induktionsrollen, *B* *H* Elektromagnetisches Unterbrechungshammerchen mit der Stellerschraube. *F* Klemmschrauben zur Zuleitung des konstanten Stromes (1 DANIELL) an *I* unten die Klemmschrauben zum Ableiten der Induktionsströme, Verbindung mit den reizenden Elektroden.

Gemeiniglich leitet man diese letzteren zuerst zu einem sogenannten Schliessapparat, zweckmässig ist dazu du BOIS-REYMOND'S Schlüssel zum Tetanisiren, welcher an einer Holzschraube befestigt wird, um ihn beliebig an einen Tisch anzuschrauben. (Vgl.

Fig. 193.



Schlüssel zum Tetanisiren. *a* Platte vom Harten Holzschraube befestigt, *b* Schlüssel mit je zwei Enden zum Aufstecken von Messingbühl mit den durch ein Messingdrähtchen verbunden.

80 besteht aus zwei isolirt auf gehärtetem Kautschuck *a* befestigten Messingklotzen *c*. An einem ist ein Messinghebel *d* mit einer heinernen, also isolirenden, Handhabe versehen angebracht (Fig. 193). Drückt man ihn an seiner Handhabe nieder, so legt er sich an den anderen Klotz an und setzt ihn in gut leitende Verbindung mit dem ersten. Jeder der Klotze hat zwei Durchbohrungen, in welche man durch Schrauben Drähte einklemmen kann. Leitet man nun die zwei Drähte der sekundären Spirale in je einen solchen Klotz und von jedem Klotz weg je eine der zur Reizung zu verwendenden Elektroden, so schliesst den Schlüssel durch Niederdrücken des Hebels, so bildet dieser Hebel eine leitende Brücke (Nebenschliessung) zwischen den offen gedachten oder an einen Körper starkem elektrischen Widerstand, z. B. an der Hand oder an einen Nerven angelegten Elektroden. Die Induktionsströme nehmen unter diesen Umständen ganz diesen leichteren Weg, sodass bei geschlossenem Schlüssel keine Wirkung eintritt. Erst wenn er geöffnet ist, brechen die Induktionsströme in die Elektroden herein und bedingen im erforderlichen Falle die geforderte Erregung. Schlittenapparate zu therapeutischen Zwecken sind meist in einem Kasten eingeschlossen; es finden sich gewöhnlich auch schon eigene Schlüsselvorrichtungen an ihnen angebracht, die die eben genannte unnöthig machen.

Zu therapeutischen Zwecken wurden früher fast ausschliesslich Induktionsapparate nicht Elektromagneten wie der beschriebene de Bois-Reymond'sche Schlitten, sondern mit Ablismagneten benutzt. Sie haben den Vortheil, dass sie stets sogleich zum Gebrauche bereit sind, ohne dass erst ein galvanisches Element hergerichtet und angeschraubt werden muss. Doch wird dieser Vortheil wohl reichlich schon durch den Nachtheil aufgewogen, dass der Apparat, wie aus dem Folgenden erhellen wird, stets zu seiner Bedienung einen Gegen zum Drehen der Kurbel bedarf. Dazu kommt noch, dass hier die Stromschwächung und Verstärkung weit weniger leicht und in geringeren Grenzen möglich ist als bei den eben beschriebenen Apparaten. Doch werden sie noch jetzt vielfältig benutzt in der Einrichtung, die ihnen SAXTON gegeben hat, nach welchem die betreffenden Instrumente SAXTON'sche Maschinen heissen, sie werden auch als magneto-elektrische Rotationsapparate benannt.

Die Stärke einer SAXTON'schen Maschine hängt von der Stärke ihres Magneten, der Windungszahl ihrer Rollen und natürlich auch von der Geschwindigkeit des Drehens ab. Man kann die Stärke also durch Schwächung des Magneten reguliren, welche man durch Bewegung eines Eisenankers, je näher den Polen, desto eingreifender, erreichen kann. Gewöhnlich ist auch noch eine Schraubenvorrichtung angebracht, welche es erlaubt, die Induktionsströme mehr oder weniger von den Magnetpolen abzurücken, wodurch selbstverständlich die Wirkung auch herabgesetzt werden muss.

**Physiologische und therapeutische Elektroden.** Die elektrischen Ströme der beiden genannten Elemente werden den physiologischen Präparaten durch sogenannte Elektroden vermittelt. Diese Elektroden sind gewöhnlich zwei einfache Drähte, am besten Platindrähte, mit denen man die zu reizenden Organe metallisch berührt. Man kann diese Drähte mit der Hand während der Reizung halten. Natürlich müssen sie dazu an der Stelle, wo man sie führt, mit einer isolirenden Schicht überzogen sein. Die Isolation wird durch Ueberziehen mit Glas- oder Kautschukröhrchen über die Drähte erzielt. Auch Handgriffe von Bein in gleicher Form isoliren genügend. Kommt es bei physiologischen Reizversuchen darauf an, die Polarisation vollkommen zu vermeiden, so kann man die schon beschriebenen de Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden in einer modificirten Form verwenden. Sie bestehen dann aus Glasröhrchen, deren eines offenes Ende mit feuchtem plastischem Thon, getränkt mit 4 pCt. Kochsalzlösung, verschlossen ist, den man als Spitze, der die Hand jede beliebige Form gegeben werden kann, vorstehen lässt. Diese Thonspitzen werden an die zu reizenden Nerven oder Muskeln direkt angelegt. Das Röhrchen ist mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt, in welche ein amalgamirtes Zinkblech getaucht



ist, das bis gegen den Thonboden des Röhrchens herabreicht. An das Zinkblech Leitungsdraht, der die Elektroden mit dem elektrischen Apparat verbindet, angehängt.

Die Elektroden für therapeutische Zwecke haben eine wesentlich eben beschriebenen verschiedene Gestalt. Sie haben den Zweck, elektrische Reize die trockene Oberhaut des menschlichen Körpers hindurch zu vermitteln, wobei die elektrischen Ströme nicht leitet wie alle hornähnlichen Materien, die jedoch benützt werden können. Die Schweisskanälchen, welche die Epidermis durchsetzen, dagegen feucht, sie leiten die Elektrizität, welche also, wenn sie auf die trockene Oberhaut wendet wird, allein diese Wege in die Tiefe nimmt. Sie erreicht dadurch, da sie so feine Oeffnungen gleichsam hindurchzwängen muss, in diesen eine sehr hohe

Fig. 194.



Therapeutische Elektroden.

Intensität, die eine heftige Reizung der direkt betroffenen Organe hervorbringt. Die Gesamtheit der Ströme wird aber durch die feine Vertheilung in Strömen von enormen Hautwiderstand bedeutend geschwächt, da zur Reizung der unter der Haut liegenden Muskeln und Nerven, die überdies durch die Epidermis sehr geschützt sind. Dagegen kann in manchen Fällen eine Schmerzerregung therapeutischer Zweck sein. Die Intensität des Stromes an einer bestimmten Stelle, die gereizt werden soll, muss möglichst hoch sein. Will man den Muskel oder Muskelnerven reizen, so muss eine Elektrode eine breite feuchte Platte, welche man auf die gut durchfeuchtete Haut zu erregenden Muskel oder auf ihn selbst aufdrückt. Die reizende Elektrode muss auf die wohldurchfeuchtete Haut aufzudrücken über dem zu reizenden Muskel oder Nerven. Bei der Hautreizung dagegen werden die Elektroden möglichst weit von einander, aus dem entgegengesetzten Grunde, angelegt. Die eine Elektrode (die breite Elektrode) muss dabei auch feucht angelegt werden, um möglichst wenig Schmerz zu vermeiden, während man mit der anderen (Pinzel oder trockene Platte) die zu reizende Haut bestreicht.

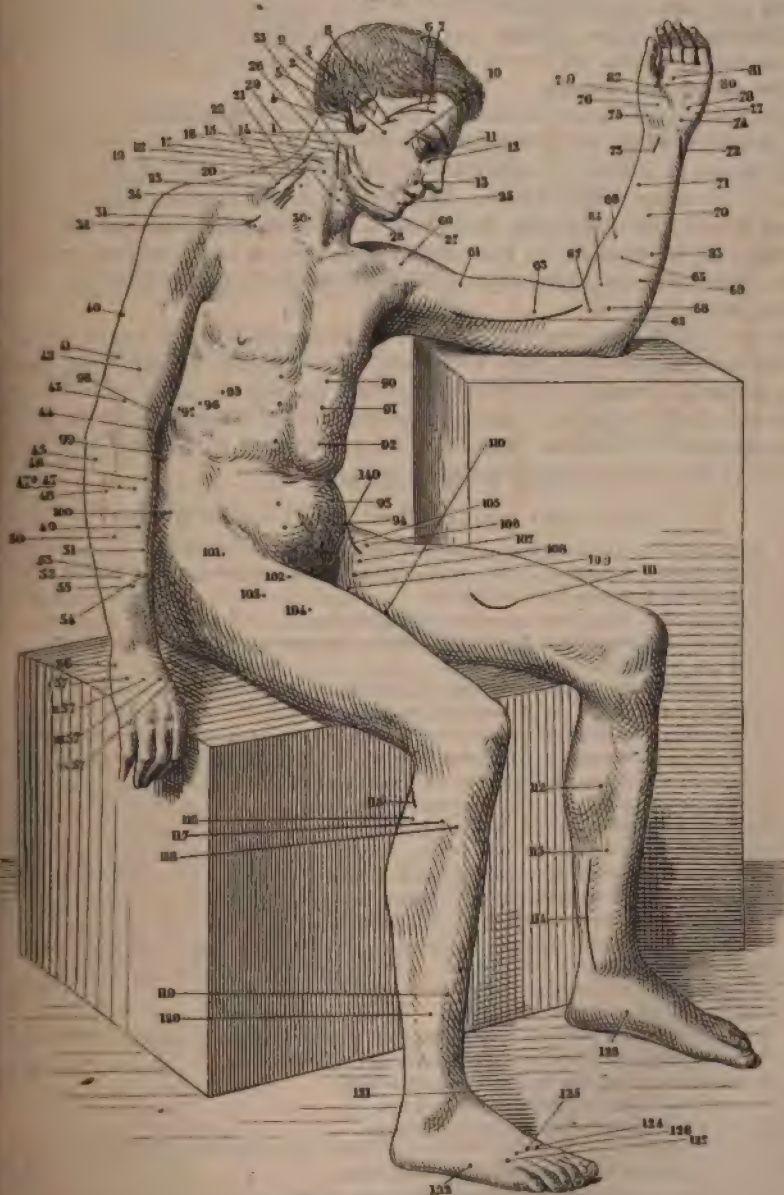
Haut bestreicht, welche dadurch leicht sehr heftig erregt werden kann (Fig. 194).

Kommt es dagegen darauf an, die unter der Haut liegenden Organe zu erregen, so muss der Widerstand der Epidermis möglichst geschwächt werden. Man erreicht dies, indem man die zu erregende Stelle mit Wasser oder Kochsalzlösung befeuchtet. Setzt man auf eine solche für Elektrizität durchgängig gemachte Hautstelle die mit feuchtem Schwamm oder Leder überzogenen Elektroden auf, so fließt der Strom breit, zusammengefasst durch die Haut und erregt die Hautnerven selbst weniger, dagegen kräftiger die unter der Haut liegenden Muskeln und Nerven. Die Elektroden werden dazu ziemlich nahe an einander aufgelegt, um die Intensität des Stromes an einer bestimmten Stelle, die gereizt werden soll, möglichst hoch zu lassen. Will man den Muskel oder Muskelnerven reizen, so muss eine Elektrode eine breite feuchte Platte, welche man auf die gut durchfeuchtete Haut zu erregenden Muskel oder auf ihn selbst aufdrückt. Die reizende Elektrode muss auf die wohldurchfeuchtete Haut aufzudrücken über dem zu reizenden Muskel oder Nerven. Bei der Hautreizung dagegen werden die Elektroden möglichst weit von einander, aus dem entgegengesetzten Grunde, angelegt. Die eine Elektrode (die breite Elektrode) muss dabei auch feucht angelegt werden, um möglichst wenig Schmerz zu vermeiden, während man mit der anderen (Pinzel oder trockene Platte) die zu reizende Haut bestreicht.

Für die Anwendung der konstanten Ketten kommen ganz dieselben Regeln in Geltung wie für die Induktionsströme. Stets wird man im Auge haben müssen die Orte, an dem die Wirkung eingeleitet werden soll, die Dichtigkeit des Stromes

bedeutend sei. Auch hier gelten dieselben Gesichtspunkte für Anlegung der Elektroden  
 (man verwende ganz die gleichen wie für die Induktionsströme). Gilt die Einwirkung den  
 tieferen Gebilden unter der Haut, wie es wohl meist der Fall sein wird, so hat man sich wie  
 bei auch feuchter Elektroden zu bedienen. Will man im Allgemeinen auf tiefere Theile  
 wirken, so bedient man sich zweier feuchter, grosser Elektroden; will man eine Wirkung

Fig. 195.



Motorische Punkte nach ZIEMSEN.



an einer bestimmten Stelle, so wird man die eine Elektrode klein sein lassen, die elektrisierende Stelle aufgesetzt, hier eine möglichst bedeutende Stromstärke zu.

Man kann den Muskel am besten von seinem Nerven aus zur Zusammenziehung bringen. DUCHENNE fand, dass von bestimmten Punkten der Muskeln, wenn man dort die reizende Elektrode aufsetze, am besten die Zusammenziehung bewegen könne. Er nannte diese Stellen: *motorische Punkte*. REMAK wählte dafür den bezeichnenden Ausdruck: *motorische Punkte*. ZIEMSEN hat die bis dahin bekannten motorischen Stellen als die Eintrittsstellen der Nerven in die Muskeln anatomisch erwiesen und die Anzahl solcher neu entdeckt.

Für Erregung der Nerven im Gesichte liegt die breite, feuchte Elektrode an. Man bedient sich hier wie bei den Sinnesnerven nur sehr schwacher Stromstärke. Für die Erregung des Auges (Retina) zu elektrisieren, setzt man die eine (kleine) Elektrode auf den Nasenwinkel, die grosse auf die Schläfe. Zur Erregung des Gehörnerven füllt man ein Glas mit lauem Wasser und bringt einen Draht hinein, die breite Elektrode liegt auf der Schläfe. Da die Knochen die Elektrizität auch leiten, so kann man mit sehr grossen Stromstärken auch den Centralorganen des Nervensystemes (Rückenmark und Gehirn) elektrische Ströme zuleiten.

In der vorstehenden Fig. 495 sind nach ZIEMSEN eine Reihe *motorischer Punkte* für die Anlegung der Elektroden bezeichnet. Die Abbildung ist nach einer Photographie eines 26 jährigen Mannes angefertigt, an welchem ZIEMSEN die *motorischen Punkte* festgestellt und mit Holleinstein auf die Haut bezeichnet hatte. Dadurch wurde das Verhalten der einzelnen Muskeln in ihrem Verhalten zu einander und zur Oberfläche naturgetreu zur Anschauung zu bringen.

Tabelle der motorischen Punkte nach ZIEMSEN.

Nro.	1. Stamm des N. facialis nach seinem Austritt aus dem For. stylomast.
2.	Zweig des N. facialis zu den Mm. retrahentes und attollens auricular (interne Portion).
3.	Zweig des N. facialis zum M. occipitalis.
4.	Zweig des N. facialis zum M. tragiens und antitragiens.
5.	Zweig des N. facialis zum M. attrahens auricular und attollens auricular (externes Portion).
6.	Zweig des N. facialis zum M. frontalis.
7.	Zweig des N. facialis zum M. corrugator supercilii.
8.	Zweig des N. facialis zum M. orbicularis palpebrarum.
9.	Zweig des N. facialis zum M. zygomaticus major.
10.	Zweig des N. facialis zum M. zygomaticus minor.
11.	Zweig des N. facialis zum M. levator lab. super. et alae nasi.
12.	Zweig des N. facialis zum M. compressor nasi.
13.	Zweig des N. facialis zum M. levator lab. super. propri.
14.	Hauptäste (Rami buccales) des N. facialis.
15.	Hauptäste (Rami subcut. maxill. inf.) des N. facialis.
16.	Hauptäste (Rami subcut. colli) des N. facialis.
17.	Zweig des N. accessorius Willisii zum M. sternocleidomast.
18.	Accessorius Ast des N. accessorius Willisii zum M. encularis.
19.	Äste für das Platysma myoides aus dem Plex. cervicalis.
20.	Zweig des Plexus cervicalis zum M. levator anguli scapulae.
21.	Nervus phrenicus.
22.	N. dorsalis scapulae zum M. rhomboidens und serratus postic. cap.
23.	N. thoracici posteriores (N. thorac. long) zum M. serratus magnus.
24.	N. suprascapularis zum M. supra- und inferscapularis.
25.	Zweig des N. facialis zum M. quadratus menti.
26.	Zweig des N. facialis zum M. triangularis menti.
27.	N. hypoglossus.
28.	Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. omohyoideus.
29.	Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. sternothyroideus.
30.	Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. sternohyoideus.

- . Vorderes äusseres Bündel des Plex. brachialis, aus welchem der N. musculocutan. und ein Theil des N. medianus entspringen.
- . N. thoracici anteriores zu den Mm. pectorales.
- . Zweig des N. facialis zum M. quadratus menti.
- . Zweig des N. radialis zum Caput extern. M. tricipitis.
- . N. radialis.
- . Wandelbarer Ast des N. radialis zum M. brachialis internus.
- . Nerveneintrittsstelle (vom Muskel bedeckt) zum M. supinator longus.
- . Nerveneintrittsstelle (vom Muskel bedeckt) zum M. radialis externus long.
- . Aestchen des N. radialis zum M. anconaeus quartus.
- . Nerveneintrittsstelle zum M. radialis externus brevis.
- a) Aeste des N. radialis zum M. extensor digitor. communis.
- Nerveneintrittsstelle zum M. ulnaris externus.
- Gemeinsame Reizungsstelle für den M. abductor pollicis longus und extensor digiti indicis proprius.
- Motorischer Punkt für den M. extensor digiti minimi proprius.
- Motorischer Punkt für den M. abductor pollicis longus.
- Motorischer Punkt für den M. extensor indicis proprius.
- Gemeinsamer motorischer Punkt für die Mm. extensores pollicis longus und brevis.
- Motorischer Punkt für den M. extensor pollicis brevis.
- Motorischer Punkt für den M. extensor pollicis longus.
- Motorischer Punkt für den M. abductor digiti minimi.
- I. }
- II. }
- III. }
- IV. }
- Zweig der Nn. thoracici ant. zum M. deltoideus.
- Nervus musculocutaneus.
- N. medianus.
- Reizungsstelle des Zweiges vom N. musculocutaneus zum M. brachialis int.
- Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (äusserer).
- { Motorische Punkte für den M. flexor digitor. sublimis.
- Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (innerer).
- Motorischer Punkt für den M. radialis internus.
- Motorischer Punkt für den M. palmaris longus.
- Motorischer Punkt für den M. flexor digitorum sublimis.
- Motorischer Punkt für den M. flexor pollicis longus.
- . Nervus ulnaris nach Abgabe seines Dorsalnastes.
- . Nervus medianus.
- 1. Reizungsstelle des Ram. volaris prof. N. ulnaris.
- 2. Motorischer Punkt für den M. abductor pollicis brevis.
- 3. Motorischer Punkt für den M. opponens pollicis.
- 4. Motorischer Punkt für den M. abductor digiti minimi.
- 5. Motorischer Punkt für den M. flexor digiti minimi.
- 6. Motorischer Punkt für den M. flexor pollicis brevis.
- 7. Reizungsstelle des Ulnarzweiges zum M. adductor pollicis.
- 8. Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis II.
- Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis I.
- Motorischer Punkt des M. flexor digitor. commun. profundus.
- Motorischer Punkt des M. ulnaris internus.
- { Motorische Punkte der Bäuche des M. rectus abdominis.
- { Motorische Punkte des M. obliquus abdominis externus.
- Motorischer Punkt des M. transversus abdominis.
- Motorischer Punkt des M. obliquus abdominis internus.



- Nro. 101. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. tensor fasciae latae.  
 „ 102. Eintrittsstelle des inneren Zweiges vom N. cruralis zum M. rectus femoris  
 „ 103. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. vastus externus.  
 „ 104. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. cruralis.  
 „ 105. Nervus cruralis.  
 „ 106. Zweig des N. cruralis zum M. sartorius.  
 „ 107. Motorischer Punkt des M. pectineus.  
 „ 108. Motorischer Punkt des M. adductor brevis.  
 „ 109. Motorischer Punkt des M. adductor longus.  
 „ 110. Motorischer Punkt des M. gracilis.  
 „ 111. Zweig des N. cruralis zum M. vastus internus.  
 „ 112. Motorischer Punkt des M. soleus.  
 „ 113. Zweige vom N. tibialis zum M. flexor digitor. commun. longus.  
 „ 114. Nervus tibialis.  
 „ 115. Nervus peroneus.  
 „ 116. Nervus peroneus superficialis.  
 „ 117. Motorischer Punkt des M. extensor digitor. commun. longus.  
 „ 118. Motorischer Punkt des M. tibialis anticus.  
 „ 119. Motorischer Punkt des M. extensor hallucis longus.  
 „ 120. Motorischer Punkt des M. peroneus tertius.  
 „ 121. Endast des N. peroneus profundus zum M. extensor digitorum communis brevis.  
 „ 122. Motorischer Punkt des M. abductor digiti minimi.  
 „ 123. Motorischer Punkt des M. abductor hallucis.  
 „ 124. }  
 „ 125. } Motorische Punkte des Mm. interossei externi.  
 „ 126. }  
 „ 127. }  
 „ 140. Nervus obturatorius.

Der Nervus ischiadicus ist am unteren Rande des Glutaeus maximus Trochanter major und Tuber ischii in der Mitte, mit kräftigem Aufsetzen und stark zu erreichen: Beugung des Unterschenkels mit schmerzhaften Sensationen.

Etwa in der Mitte der Mittellinie der Hinterfläche des Oberschenkels findet sich rischer Punkt (N. ischiadicus) für den M. biceps femoris, über der Kniekehle Mittellinie ein zweiter.

Neben dem oberen motorischen Punkte des M. bic. fem. nach innen 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> ischii ist der Nervenast für den M. semitendinosus zu treffen.

Noch etwas weiter nach innen auf derselben Höhe am Schenkel der Ast des M. branosus etc.

# Physiologie der Sinnesorgane.

## Zweiundzwanzigstes Kapitel.

### allgemeinen Grundlagen der Empfindung, Hautsinn und Gemeingefühl.

---

#### Leitungsgesetze der Nerven.

Der animale Organismus steht in allseitigem Verkehr mit der ihn umgebenden Aussenwelt.

Der Verkehr des menschlichen Organismus mit der Aussenwelt zeigt eine active und eine passive Seite. Die Fähigkeit der activen Einwirkung beruht auf Mechanismen der willkürlichen Bewegung, die wir auf Reizzustände eintreten lassen, welche von den nervösen Centralorganen aus der Peripherie zugeleitet werden. Passiv sehen wir von der Aussenwelt her dieselben nervösen Central-Veränderungen ihres Ruhezustandes erleiden, die wir als Empfindungen empfangen. Dazu sind eigene Organe vorhanden, die Sinnesorgane, welche die äussere Agentien, für welche der Nerve an sich z. Thl. nicht empfindlich ist, in Nervenreize umsetzen. Nur die Endorgane des Optikus sind für Licht, das Ohr für Schall, des Olfactorius für Gerüche erregbar. Ohne die Sinnesapparate verliert dem Nerven die Fähigkeit der Erregung durch gewisse Bewegungsformen ausser ihm. Man könnte sich vorstellen, dass es noch eine Reihe von Bewegungsformen ausser uns giebt, von denen wir keine Ahnung haben, da uns die Fähigkeit, sie in Nervenreize zu verwandeln, abgehen.

Es ist auf den ersten Blick klar, dass diese beiden namhaft gemachten Leitungsgesetze, motorische und sensible, in den motorischen und sensiblen Nerven wesentlich verschieden seien. Während bei den ersteren ein in den Centralorganen bestehender Reizzustand centrifugal den Organen zugeleitet wird, erfolgt bei den letzteren in der Peripherie auf die Nervenendigungen einwirkender Reiz die Leitung zu den Centralorganen, die Erregungsleitung geschieht sonach im entgegengesetzten Sinne wie oben: centripetal.

Man hat lange versucht, die Grundlage dieses verschiedenen Leitungsgesetzes in einer äusseren oder inneren Verschiedenheit der Nerven selbst, in der sie sich findet, zu entdecken. Das Mikroskop, die chemische Analyse, das elektrische Experiment haben solche gesuchte Unterschiede in den Bewegungs- und Empfindungsnerven nicht auffinden können.



Das physikalische Experiment hat es sogar, wie es scheint, über alles erhoben, dass in Wahrheit motorische und sensible Nerven in ihren physikalischen Grundeigenschaften vollkommen identisch sind. In der du Bois-REYMOND'schen deckung der negativen Stromschwankung des tetanisch gereizten Nerven ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, zu entscheiden, ob der Erregungszustand im auf- oder absteigenden Sinne in den beiden Nervengattungen ihren verschiedenen Functionen entsprechend mit verschiedener Leichtigkeit zu Stande kommen. Es zeigt sich, dass sich in dieser Beziehung keine merklichen Unterschiede finden. Die negative Schwankung lässt sich erhalten, wenn wir das periphere Ende und das centrale Nervenende der Reizung aussetzen, sodass einmal centripetal, andere Mal centrifugal der Erregungszustand geleitet wird. Legen wir die Elektroden so an, dass eine mittlere Strecke des ausgeschnittenen Nerven erregt wird, und leiten von beiden Endquerschnitten und zwei in den Nerven gelegenen Längsschnitten an zwei Multiplicatoren gleichzeitig die Nervenströme ab, so zeigen beide Ströme auf den Reiz die negative Schwankung, zumal wenn man so, dass sie sich auf- und abwärts fortzupflanzen vermag, ohne dass im Nerven das Zustandekommen derselben in einer Richtung etwas erleichtert wird als in der anderen. Ebenso verhalten sich die sensiblen Nerven.

Versuche der Art, an den Nervenstämmen selbst angestellt, leiden an einem nicht zu übersehenden Fehler. Die Nervenstämmen sind nämlich ohne Ausnahme von gemischter Natur, d. h. es sind an ihnen motorische und sensible Fasern vermischt. Man könnte auf den Verdacht kommen, dass das Zustandekommen des Erregungszustandes, der negativen Schwankung das eine Mal in der Leitung der einen, in der anderen der zweiten Fasergattung zuzuschreiben, dass die Austrittsstellen der Nerven aus dem Rückenmark zeigen sich die Fasern beider Gattungen bekanntlich noch ungemischt. Die vorderen Nerven bestehen aus motorischen, die hinteren aus sensiblen Nervenfasern (s. das Gesetz). Du Bois-REYMOND hat durch Versuche die Gültigkeit der obigen geführten Thatsache auch für diese ungemischten Nerven bestätigt, so dass das doppelsinnige Leistungsvermögen beider Nervengattungen erwiesen ist.

Offenbar müsste man den Beweis der doppelsinnigen Leitung auch auf die Weirischen Nerven anstellen können, dass man künstliche Nerven so herzustellen versuchte, dass man einen rein motorischen und einen rein sensiblen Nerven durchschneidet und nun das periphere Ende des motorischen mit dem centralen Ende des sensiblen, und umgekehrt das periphere Ende des sensiblen mit dem centralen Ende des motorischen zusammenheftet. In den Versuchen wurde von BILDER der Nervus hypoglossus und lingualis bei Hunden so angeschlossen, von denen der erstere die Bewegung der Zungenmuskeln, der letztere die Empfindung der Zunge vermittelt. In der Mehrzahl der angestellten Versuche blieben die Nervenstämmen wieder direkt an einander, nicht wie man gewünscht hatte, geknüpft. In neueren Versuchen scheint das Experiment jedoch gelungen. Man konnte von dem Nerven eine Narbe liegenden früheren sensiblen Lingualisende aus durch elektrische Reizung der Zungenmuskeln erhalten (PHILLIPEAUX, VULPIAN, J. ROSENTHAL). So kann auch dieses Experiment die Möglichkeit der Nervenenerregungsleitung in beiden Richtungen erwiesen angesehen werden.

Sonach liegt also die Verschiedenheit der Empfindungs- und Bewegungsnerven nicht in ihnen selbst. Es bleibt uns ohne Wahl nur die eine Art

die beobachteten Unterschiede verursacht werden durch die Verschiedenheit peripherischen und centralen Apparate, welche wir durch die Nerven mit oder in Verbindung gesetzt sehen. Der motorische Nerve erhält seinen Reiz dadurch, dass er in einer Ganglienzelle entspringt und in einer Muskelzelle endet. Sein Reizorgan ist eine central gelegene Ganglienzelle, sein Erfolgsorgan ein peripherisch gelegener Muskel; so ist es, dass er von seinem normalen Reizorgane aus nur centrifugal erregt wird, obwohl er auch die Fähigkeit zur centripetalen Erregungsleitung besitzt. Umgekehrt ist es bei den sensiblen Nerven: sie entspringen gleichsam in einem peripherisch gelegenen Reizorgane, einem sogenannten Sinnesorgane: Auge, Ohr, Tastkörperchen etc., und enden als in ihrem Erfolgsorgane in Ganglienzellen im Gehirn. Der normale Reiz, der sie erregt, findet an der Peripherie statt, das Organ, welches dadurch erregt wird, liegt central, so ist die Richtung der Erregungsleitung centripetal, obwohl sie auch hier dem Bau der Nerven nach in umgekehrter Richtung zu Stande kommen könnte.

Wir haben hier ohne Weiteres das Zustandekommen des Empfindungsaktes in central gelegene Ganglienzellen verlegt. Wir finden bisher in den Endorganen keine anderen Organe als die genannten Zellen, als deren Ausläufer die Nervenfasern zu betrachten sind, denen wir diese Function zuzuschreiben vermögen (cf. Gehirn und Rückenmark).

### Qualitäten der Empfindung.

Die Empfindungserscheinungen schliessen einige der grössten Räthsel der Biologie in sich.

Woher kommen die verschiedenen Qualitäten der Empfindung? Warum sehen wir, hören, schmecken, riechen wir, warum haben wir Tast- und Temperaturempfindungen?

Man hat in einer früheren Periode der Wissenschaft sich damit begnügt, die Nerven als blosse Leiter für die Eigenschaften der äusseren Dinge anzunehmen; man glaubte wohl, dass durch die Nerven direct die Eindrücke des Lichtes, der Schwingungen, der Geschmacksstoffe den Centralorganen zugeleitet würden, und die Qualitäten der Empfindungen führte man auf die Qualitäten der sie erzeugenden Stoffe direct zurück. Man konnte sich so leicht über die Schwierigkeiten hinwegsetzen, die aus der Erfahrung hervorgingen, dass durch Reizung einer einzelnen sensiblen Nervenfasern nur solche Empfindungen entstehen können, welche zu dem Qualitätenkreis eines bestimmten Sinnes gehören, und dass jeder Reiz, welcher diese Nervenfasern überhaupt zu erregen vermag, nur Empfindungen dieses besonderen Kreises hervorruft. Der verschiedenen Endorgane, der Sinneswerkzeuge, welche zweifelsohne für das Wirksamwerden der verschiedenen Reizmittel: Druck, Licht, Schall, chemische Einwirkungen zweckmässig eingerichtet sind, schien Alles zu erklären und musste Alles erklären.

Die Erfahrungen der chirurgischen Praxis und des physiologischen Experimentes widersprechen nun aber einer solchen einfachen Annahme direct.



Es zeigt sich, dass in allen Fällen die Reizung des Nervenstammes die Empfindung aus dem gleichen Qualitätenkreis hervorruft als die Reizung der Endorgane.

Reizen wir einen sensiblen Nervenstamm, so erregt dieses eine Empfindung, als würden alle Endorgane gereizt, welche mit dem Stamme in Verbindung stehen. Die Reizung von Nervenzweigen beschränkt dem entsprechend den Erfolg auf die den Nervenzweigen versorgten Organe.

Tausendfältig sind die Erfahrungen der Chirurgen, dass auch dann, wenn die Empfindung in den äusseren Theilen durch Durchschneiden der Nerven oder auf einem anderen Wege vollkommen verschwunden ist, der Nerv selbst noch Empfindungen haben kann, welche in dem ehemaligen peripheren Verbreitungsbezirke desselben zu sein scheinen. Hierher gehören die Empfindungen der amputirten Gliedern, die Beobachtung, dass nach Transplantation des Sehnervs bei der künstlichen Nasenbildung vor der Durchschneidung der Hautbrücke die neue Nase mit der Stirn verbindet, die Berührung der Nase eine Empfindung erzeugt, welche in die Stirn, von wo die Haut derselben stammt, vertritt. Dieselbe Unabhängigkeit der von dem Nerven vermittelten Empfindung von der Lage des empfindenden Endorganes zeigt sich auch, wenn wir, wie SCHÖNLEIN wusste, willkürlich die empfindenden Organe aus ihrer normalen Lage bringen, wenn wir z. B. Zeigefinger und Mittelfinger derselben Hand kreuzweise einander legen und zwischen den nun sich zugewendeten Seiten der Finger, welche im normalen Zustand die entgegengesetzten Seiten derselben Hand bilden, eine kleine Kugel hin- und herrollen; man glaubt dann zwei Kugeln zu berühren, da bei der normalen Fingerlagerung nur zwei verschiedene Kugeln gleichwohl auf beiden betreffenden Fingerseiten berühren könnten.

Noch viel schlagender sind die Beobachtungen, bei den Nerven, wie bei den genannten höheren Sinnesorgane. Lassen wir gewisse verschiedene als Reize bekannte Agentien auf die Sinnesorgane selbst einwirken, z. B. Elektricität, zeigen sich dieselben dafür empfänglich, aber jeder Sinnesnerv empfängt Reize auf seine spezifische Art. Der eine Nerve sieht davon Licht, der andere hört davon einen Ton, der andere schmeckt die Elektricität, dasselbe, welches von den anderen sensiblen Nerven als Schmerz oder Schlag empfunden wird. Vermehrter Blutandrang erregt in dem einen Organe, durch Reizung des nervösen Apparate, ein leuchtendes Bild, in dem anderen Brausen oder Kitzel oder Schmerz etc.

Es schien leicht, diese Verschiedenheit der Wirkung auf eine spezifische Energie der Nerven zurückzuführen. Man musste sich zunächst diesen Vorgang als eine Verschiedenheit in der Molekularbewegung der Nerven selbst denken. Der Reiz müsste danach in jedem Nerven einen bestimmten Zustand der Erregung herbeiführen. Die Ergebnisse von Reizversuchen an Nerven der Sinnesorgane schienen diese Annahme zu bestätigen. Angewandt sind die mechanischen Reizungen des Optikus z. B. bei seiner Durchschneidung, die als eine blitzende, grelle Feuererscheinung empfunden soll.

Die Entdeckungen von BOIS-REYMOND's über die Erregungserscheinungen der Nerven, die sich unter allen Umständen bei allen als negative Stromschläge zeigt, welche neuerdings auch am thätigen Sehnerven sicher nachgewiesen

ant, und keine qualitativen Unterschiede den specifischen Energieen entsprechend erkennen lässt, scheint auch diese Annahme eines specifischen Reizzustandes ausschliessen.

Wir werden dadurch veranlasst, die specifischen Erfolge als bedingt anzunehmen, nicht durch die Nerven und eine specifische Art ihrer Erregung, sondern durch die nervösen Centralorgane, welchen die Erregung zugeleitet wird. Die Centralorgane, welche durch die Nerven erregt werden, sind nur im Stande, eine bestimmte Empfindung — die einem inneren Bewegungszustande entspricht — zu vermitteln. Derselbe Reiz wird, wenn er verschiedene Seelenorgane trifft, durch die specifischen Energie derselben gedeutet.

Der eigentliche specifische Empfindungsvorgang, den wir bei unbefangener Betrachtung in die Sinnesapparate zu verlegen gewöhnt sind, findet also stets wo anders statt. Das Auge wie alle anderen Sinnesorgane empfindet Nichts. Wenn wir den Optikus, sodass damit die Leitung zwischen Auge und dem empfindenden Centralorgane unterbrochen ist, so entstehen nach wie vor Empfindungen auf der Netzhaut, welche äusseren Gegenständen entsprechen, wodurch die letzten Endigungen des Sehnerven erregt werden, aber die Seele selbst empfindet Nichts, der Patient ist blind. Auch der Nerve selbst ist zur Empfindung unfähig. Schneiden wir einen Nerven durch und quetschen oder galvanisiren sein peripherisches Ende, so wird dadurch keine Empfindung erregt. Es ist also nicht in den Sinnesorganen, nicht in den etwaigen specifischen Erregungsstellen der Nerven der Grund, warum wir einmal die Nervenirritation Licht, andermal sauer nennen. Der Grund dafür liegt einzig und allein in den reizleitenden Gehirnorganen selbst, zu denen die Nervenleitung geschieht. So bestätigt sich die oft gemachte Behauptung, dass, wenn es gelänge, den Optikus mit dem Akustikus zu durchschneiden und ihre Enden gekreuzt zusammen zu heilen, wir bei einem Concerte Licht- und Feuererscheinungen, bei einem Feuerwerke Geräuschempfindungen bekommen würden.

Wenn aus irgend einem Grunde ein krankhaftes Auge exstirpirt werden, so wird der Schnitt durch den gesunden Sehnerven eine blendende Feuererscheinung hervorrufen. Der Mensch ist dann noch nicht vollkommen blind. Er hat scheinbar an dem ausgeschnittenen Auge noch Lichtempfindungen, er glaubt noch mit ihm zu sehen. Solche Patienten sehen Lichter, Feuerkreise, tanzende Gestalten. Dieser Zustand, der auf einer direkten krankhaften Erregung des Sehnerven beruht, dauert so lange, bis dieser durch Nichtgebrauch degenerirt ist, wie dieses bei allen Nerven durch lange Unthätigkeit eintritt. Auch dann ist aber ein solcher Mensch noch nicht vollkommen blind. Solange sein inneres Gesichtsorgan im Gebräuche ist, dessen Erregungszustand von ihm bisher als durch äussere Lichterscheinungen hervorgerufen gedeutet wurde, noch erregbar ist durch direkte Reize, durch vermehrten Blutzufluss, erscheint einem solchen Blinden wenigstens im Traum die Welt hell und farbig, und nur der wache Tag ist in Schwarz getaucht. Erst wenn die zerstörenden Einwirkungen des Nichtgebrauches auch das innere Sinnesorgan zerstört haben, wird sein Leben ein vollkommen dunkles (bei Auge).



### Die Erziehung der Seele durch die Sinneseindrücke.

Die ganze Annahme der spezifischen Energieen hat auch in der eben gegebenen Fassung noch etwas Gezwungenes. Wie sollen wir uns diese spezifische Modifikation in den Ganglienzellen der Gehirnorgane vorstellen? Man hat gesagt, diese Verschiedenheiten lägen eben im verschiedenen Bau der Gehirnorgane begründet, von denen das eine das andere riecht aus demselben Grunde, warum ein Muskel zuckt, eine Drüse fließt, abgesondert, auf denselben Nervenreiz. Derartige Bauverschiedenheiten der Gehirnorgane, die sich nun aber für jetzt, wie es scheint, noch nicht auffinden lassen. So neigen sich Einige der Annahme zu, dass diese spezifischen Energieen der Hirnorgane nur das Resultat einer wahren Erziehung von aussen her sind. Die Seele, die gewöhnt ist, vom Licht nur Lichteindrücke von der Aussenwelt her vermittelt zu erhalten, verlegt jeden einwirkenden Reiz in den ihr aus anderen unterstützenden Sinneswahrnehmungen bekannten Ort der normalen Erregung: in das Auge oder vielmehr auch aus diesem heraus in die sichtbare Umgebung und nennt ihn Licht. Ebenso ist es vielleicht mit den übrigen Sinnesapparaten.

Möglicherweise existirt also die besprochene Fähigkeit der Gehirnorgane, spezifische Reize spezifische Vorstellungen zu erwecken, nicht von Anfang an. Man kann diese Behauptung prüfen können, wenn man die erste selbstthätige Wirkung der Erziehung zum Objekt einer naturwissenschaftlichen Untersuchung machen kann.

Soviel steht fest, dass alle Sinneseindrücke, die ja nach dem Gesagten nur die ersten Erregungen unserer Gehirnorgane beruhen, zu Anfang rein subjektiv sein müssen. Die ersten Empfindungen sind die einfachsten Qualitäten: angenehm und unangenehm, entsprechen wie man sieht ein Kind bei dem Erblicken der Lampe ebenso wie bei dem Schalle einer Glocke, wie bei der Erregung einer ihm angenehmen Geschmacks- oder Gefühlsempfindung. Die Erziehung ist lang und peinlich, bis sich im Menschen das Bewusstsein des Gegenstandes als Subjekt und Objekt ausgebildet hat; bis er gewisse Alterationen seines eigentlichen Zustandes seines Nervensystemes als von äusseren Objekten erregt, als Objektives von anderen Alterationen ganz ähnlicher Art, von anderen Nervenzuständen als von dem Subjekt zu trennen vermag. Ist aber die Erziehung vollendet, so gehört eine philosophische Betrachtung dazu, um zu verstehen, dass wir nicht den geschehenen oder gefühlten Veränderungen direkt, sondern eine durch ihn gesetzte Veränderung unseres Gehirnes empfinden. Eine Reihe von Qualitäten, die nur subjektiver Natur sind, schreiben wir bei der gewöhnlichen Betrachtungsweise dem Objekt selbst zu. Wir nennen z. B. einen Körper gefärbt, weil die verschiedenen Unterschiede des Lichtes bestehen objektiv in einer bestimmten Geschwindigkeit der Aetherschwingungen, die unser Auge treffen und seine Netzhaut erregen: auch also Nichts farbig, man müsste denn die Annahme einer gefärbten Bewegung für nicht halten. Allen unseren meist schlechthin objektiv genapten Sinneswahrnehmungen ähnliche Fehler aus Subjektivismus entspringend an.

Es ist schon oben angedeutet worden, dass wir in Folge des Ineinandergriffes der verschiedenen Wahrnehmungen, die wir den verschiedenen Sinnesorganen verdanken, dem Orte der Reizeinwirkung, die unsere verschiedenen Gehirnorgane erregen, eine Vorstellung machen können. Diese Vorstellung über den Ort der Erregung ist in den normalen Verhältnissen auffallend genau. Mit überraschender Schärfe sind wir im Stande, den Ort der Reizung an unserer Körperoberfläche zu bestimmen. Bei dem Auge ist die Ortskenntnis noch weit auffallender. Die Seele hat stets im wachen Zustande eine Empfindung des jeweiligen Erregungszustandes aller seiner Sinnesorgane, sowie von der Lage aller Endorgane, welche die normale Erregung vermitteln (S. 794). Ausnahmen davon, wie sie durch Transposition der Hautlappen oder die Kreuzung der Finger gesetzt werden, dienen nur dazu, die Ortskenntnis noch mehr zu erhärten. Dieses Ortskenntnis ist ebenso ein Resultat der Erziehung.

sele, wie ihre anderen eben besprochenen Fähigkeiten. Es ist möglich, bei jenen Transplantationen des Stirnlappens nach und nach das Gefühl so zu modificiren, dass die neue Base nun nicht mehr an der Stirne, sondern an ihrer neuen Stelle empfunden wird. Bei dem Auge treffen wir auf noch schlagendere Beweise für diesen Satz.

### Nicht jede Empfindung kommt zum Bewusstsein.

Unter normalen Umständen scheint nur ein Reiz gleichzeitig zur Perception kommen zu können. Die scheinbare Gleichzeitigkeit verschiedener Empfindungen ist wohl von einem raschen Wechsel der Erregung der verschiedenen Organe. Es können Erregungsvorgänge in unseren Seelenorganen stattfinden, ohne dass wir eine Notiz davon nehmen. Um die Erregung zu einer wirklichen Empfindung zu machen, müssen wir unsere Aufmerksamkeit auf die stattfindende Erregung lenken. Es kann das willkürlich geschehen, meist jedoch erfolgt es unwillkürlich; ein starker Reiz erzwingt Aufmerksamkeit.

So steht also die Empfindung bis zu einem gewissen Grade unter der Gewalt des Willens. Durch einen heftigen Schmerz oder auch schon dadurch, dass wir unsere Gedanken auf einen bestimmten Gegenstand concentriren, werden wir gefühllos, wenigstens für die gleichzeitig auf uns einwirkenden schwächeren sensiblen Reize. Diese Gefühllosigkeit kann unter Umständen erstaunlich sein. Aus den Kriegsspitälern werden Fälle erzählt, dass Verwundete Verletzungen an sich selbst sehr schmerzhafter Art nicht bemerkt hatten, über eine andere grössere Verwundung. Auch in der Aufregung des Gefechtes oder des plötzlichen Schreckens kommt vor, dass Verletzungen gar nicht wahrgenommen werden. Das heroische Ertragen von Schmerz beruht, wie die allzugrosse Empfindlichkeit für Schmerzen, auf grösserer oder geringerer Fähigkeit, der Aufmerksamkeit willkürlich eine bestimmte Richtung zu geben. Wir werden in der Folge im Gehirn ein Hemmungszentrum kennen lernen, welches in Folge seiner Erregung durch den Willen gewisse sensible Reize sonst regelmässig eintretende Bewegungen: Reflexbewegungen, zu unterdrücken vermag. Es scheint nöthig zu sein, ein analoges Hemmungszentrum für das Zustandekommen der Empfindung anzunehmen, welches willkürlich in Erregungszustand versetzt werden kann.

## I. Der Tastsinn.

### Tastorgane und ihre Erregung.

Die grösste Anzahl der empfindenden Nerven endigt in der Haut. Es sind zwei wesentlich ihrer Qualität nach gesonderte Empfindungsarten, die zwei verschiedenen specifischen Energieen des Gehirnes entsprechen, die durch die Haut vermittelt sehen:

Druckempfindung und  
Temperaturempfindung.

Allen sensiblen Nerven gehört gleichmässig die Wollust- und Schmerzempfindung an. Die erstere wird bei den beiden eben genannten Empfindungsarten durch schwächere, intermittirend einwirkende Reize hervorgerufen; der



Schmerz entsteht durch andauernde schwächere oder durch ~~momentane~~ auch intermittirende starke Erregung.

Die Erregung der für Druckempfindungen vermittelst ihrer Endorgane leichtesten anzusprechenden Nerven durch andere als taktile Reize ruft Druckempfindungen analoge Gefühle hervor. Die betreffende Nervenart ausser durch Druck auch noch durch Elektrizität, vielleicht auch durch chemische Agentien erregt werden. Die dadurch erzeugten Gefühle sind von dem der aus rasch sich folgenden Druckschwankungen normal entsteht, verschieden. Auch chemische Reize bringen mitunter ein derartiges Gefühl hervor, das von dem durch den normalen Reiz erzeugten nicht unterschieden werden kann.

Die Empfindungsorgane, welche die Berührung der Hautstellen Nervenreiz umwandeln, sind dem Wesen nach wohl alle gleich gebaut, sie sich äusserlich durch Grösse und Gestalt nicht unbeträchtlich voneinander unterscheiden. Es gehören hierher die PACINI'schen Körperchen, welche der Haut im subkutanen Bindegewebe eingebettet liegen, besonders in der Haut der Hohlhand und der Fusssohle, sonst aber auch noch vielfältig an den Gelenknerven, im Mesenterium der Katze etc. gefunden werden. Die Körperchen haben eine makroskopische Grösse von 1—3 Mm. Ihnen maassen ähnliche, aber von mikroskopischer Kleinheit, finden sich in Papillen der Cutis eingelagert; von den Papillen enthalten einige nur Gefässe, andere die MEISSNER'schen Tastkörperchen. Am häufigsten finden letzteren in der Haut der Finger und Zehen, sowie in Hohlhand und Fuss. Besonders in Schleimbäuten fand W. KRAUSE in der Submucosa analoge Organe, die er Nervenendkolben nennt.

Diese letzteren scheinen das einfachste Schema aller genannten Organe zu sein. Sie sind kleine ovale oder kugelige Bläschen, die eine bindegewebige Hülle und einen homogenen Inhalt erkennen lassen. An der Hülle liegen Kerne eingelagert; in das Innere des Bläschens tritt eine Nervenfasern, die dort zugespitzt. Die Tastkörperchen sind ebenfalls Bläschen von derselben Gestalt mit dem Längendurchmesser senkrecht auf der Cutis aufstehend. Auf Durchschnitten an ihnen eine wohl ebenfalls bindegewebige, wie die Hülle geschichtete Hülle unterscheiden, die sich grob quergestreift durch quere Kerne von Bindegewebszellen (KÖLLIKER, GERLACH), hie und da etwas zeigt (Fig. 196). In das Innere treten ein oder mehrere Zweige von Nerven ein, die dort endigen, doch ist ihre Endigungsweise noch nicht vollkommen erkannt. Sicher ist es, dass sie sich dort sehr regelmässig verästeln. MEISSNER anfänglich lehrte, dass ihre regelmässig verlaufenden Zweige durch die Querstreifung hervorbrächten. Am genauesten ist aus begreiflichen Gründen das makroskopische PACINI'sche Körperchen bekannt. Es zeigt ebenfalls dieselbe Gestalt. Eine ziemliche Zahl von Bindegewebschichten umgiebt einen mit einer dichten Masse gefüllten Hohlraum, in welchen eine Nervenfasern eintritt, entweder mit einem Knöpfchen oder in einige kurze Endzweige gespalten endigen. Das Neurilem zeigt sich schon vor dem Eintritt des Nerven. Die Endverbreiterung des Nerven scheint nur von dem Axencylinder her zu kommen. GRANDRY fand eine sehr deutliche faserige Struktur des Axencylinders, eb-

lyfchens, das aus feinkörniger Substanz besteht, gegen welche die divergen-  
den, aus einander laufenden Endfibrillen sich deutlich absetzen (Fig. 197).

Fig. 196.



Fig. 196. Längsansicht einer Papille der Haut, a. Rinden-  
derselben mit Saftzellen und feinen elastischen  
Fasern, b. Tastkörperchen mit seinen queren Kernen.  
B. Eine Papille von oben gesehen, a. Rindenschicht der Papille mit Saftzellen.  
b. Tastkörperchen. c. Kernhaltige Hülle. d. Tastkörperchen.  
e. feingranulirte Substanz desselben. Vom Men-  
schen. 55mal vergr. Mit Essigsäure.

Fig. 197.



Pacini'sches Körperchen aus dem Ge-  
kröse der Kaiser. a Nerv mit Perineu-  
rium, den Stiel bildend; b die Kapsel-  
systeme; c der Axonkanal oder Innen-  
kolben, in dem getheilt die Nervenröhre  
endigt.

Ist keine Frage, dass diese genannten Organe alle für die Druckempfindung günstig  
sind. Krause hat versucht experimentell nachzuweisen, dass eine verhältnissmässig  
Veränderung des Lumens solcher mit geschichteten Membranen umhüllter Bläschen  
eine nicht unbedeutende Druckschwankung in ihrem Inhalte hervorrufen müsse,  
wohl geeignet erscheint, als mechanischer Reiz für den eingeschlossenen Nerven zu

Er stellte diesen Organen ähnliche Gebilde aus mit Wasser gefüllten Darmstücken  
her und dehnte sie in der Längsrichtung aus. Er sah, dass sie dabei ihr Lumen verkleinern  
und damit einen Druck auf ihren Inhalt ausübten. Um diese Verkleinerung des Lumens  
möglichst, muss die Elasticität nach einer Richtung geringer sein als nach der andern,  
was bei den Darmstücken der Fall ist, und wie wir es analog für die fraglichen Organe  
annussetzen können.

Artige Gestaltsveränderungen der Tastorgane können natürlich entweder durch von  
außen wirkenden Druck oder Zug, oder auch durch Zusammendrücken der Organe durch in  
der Haut gelegene Ursachen hervorgerufen werden. Wir können es uns somit vorstellen, wie  
elektrische Reizung, ja sogar chemische Einflüsse, welche erstere in der Cutis gelegene  
Blutgefässe, organische Muskeln etc. kontrahiren oder erweitern und somit die Druck-  
verhältnisse in den Papillen mannichfach umgestalten kann, die Tastnerven zu erregen im  
stande sind. Auch von den chemischen Reizen der Haut können wir durch Diffusion, An-  
wesen der Epidermiszellen, stärkere Füllung der Blutgefässe derartige Druckschwän-  
gungen hervorgebracht denken, sodass die letzte Ursache des Reizes der Tastnerven  
gleichsam die gleiche sein kann, woraus sich die erwähnte überraschende Gleichheit der Empfin-  
den erklärt. Wirken Elektricität oder chemische Reize sehr stark ein, so bekommen wir  
nicht Tastempfindungen (Kitzel) analoge Gefühle, sondern Schmerz, den wir aber  
durch intensiven mechanischen Reiz erzeugen können.



## Die Empfindlichkeit der Haut.

E. H. WEBER versuchte es, die absolute Empfindlichkeit der Haut für Druckschwankungen zu prüfen. Er belastete eine Hautstelle mit zwei verschiedenen Gewichten nach einander und fand so den kleinsten Unterschied zwischen zwei Gewichten, den man noch zu unterscheiden vermag, für die einzelnen Theile der Haut nicht unwesentlich verschieden, was auch durch andere Methoden nachgewiesen werden kann, es gelingt so, eine Skala der absoluten Empfindlichkeit der verschiedenen Hautstellen zu entwerfen.

Ohne Zweifel das Wichtigste an dem Tastsinne ist die Hülfe, welche zur Beurtheilung der Gestalt der Körper, welche mit der Haut in Berührung kommen, gewährt. Wir sind im Stande, uns ein Urtheil über die Gestalt eines Körpers zu verschaffen durch einfache Berührung, besser noch, wenn wir auf verschiedenen Hautstellen hingleiten. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass verschiedene Hautstellen gleich geschickt sind, bei weitem am geschicktesten zeigen sich nach der gewöhnlichen Beobachtung die Fingerspitzen und die Handfläche. Es stimmt dieses mit dem Resultate der mikroskopischen Untersuchungen zusammen, welche die Mehrzahl der Tastorgane an den genannten Stellen gefunden hat. Die Gestalt der uns berührenden Körper beurtheilen wir nach dem verschiedenen starken, an verschiedenen Orten der Hautfläche einwirkenden Druck. Rasche Abwechselung von Druck und Druckruhe bei dem Betasten eines Körpers deuten wir als eine gekerbte oder sonst raue Oberfläche; eine glatte Oberfläche giebt ein andauernd, gleichmässiges Druckgefühl, wenn wir mit den Fingern darüber hingleiten. Gewisse Veränderungen der Berührungsfläche des Körpers und unserer Haut während der mit leichtem Drücken verbundenen Berührung deuten wir als durch Flüssigkeiten, durch harte oder durch weniger weiche Substanzen hervorgerufen. Die räumliche Ausdehnung eines Körpers messen wir mittelst des Tastsinnes entweder so, dass wir sie ganz zu tasten suchen, oder indem wir sie gleichzeitig mit verschiedenen Hautstellen mit zwei Händen betasten. Auf die nähere Erklärung dieses letzteren Vorganges gehen wir erst später (S. 694) ein, es sei hier nur vorausgesetzt, dass wir eine bestimmte Vorstellung von der relativen Lage unserer einzelnen Körpertheile zu einander besitzen, welche wohl hauptsächlich durch das Muskelgefühl vermittelt wird.

Zu den übrigen eben genannten Wahrnehmungen ist eine genaue Kenntniss der Seele auf der Oberfläche ihres Körpers erforderlich. Wir sind im Stande, mit überraschender Genauigkeit den Ort einer stattgehabten Berührung auf der Hautoberfläche anzugeben. E. H. WEBER hat darüber messende Versuche angestellt. Er setzte einen Zirkel mit abgestumpften Spitzen auf die Haut, schloss die Augen und bestimmte für die verschiedenen Hautstellen den Abstand, den beide Zirkelspitzen von einander haben dürfen, um gleichzeitig einen Eindruck an die Haut eben zwei gesonderte Empfindungen zu erzeugen. Die Resultate dieser Untersuchung sind ungemein in die Augen springend. Nachfolgend ist die bei Anstellung dieser Versuche zu folgender Tabelle, welche selbstverständlich die absoluten Grössen bei verschiedenen Menschen Schwankungen unterworfen, die relative Werthe jedoch sich stets wiederholen. Die Feinheit des Gefühls an verschiedenen Theilen ist in der Tabelle nach dem Abstand der Zirkelspitzen angegeben, welcher nöthig ist, um zwei, nicht eine Empfindung hervorzurufen.

Zungenspitze . . . . .	1/2'''
Volarfläche des dritten Fingergliedes . . . . .	4
rothe Oberfläche der Lippen . . . . .	2
Volarfläche des zweiten Fingergliedes . . . . .	2
Dorsalfläche des dritten „ . . . . .	3
Nasenspitze. . . . .	3
Volarfläche über den Capitula oss. metacarpi . . . . .	3
Zungenrücken 1'' von der Spitze . . . . .	4
nicht rother Theil der Lippen . . . . .	4
Rand der Zunge 1'' von der Spitze . . . . .	4
Mittelhand des Daumens . . . . .	4
Spitze der grossen Zehen . . . . .	5
Dorsalfläche des zweiten Fingergliedes . . . . .	5
Volarfläche der Hand . . . . .	5
Wangenhaut . . . . .	5
äussere Oberfläche der Augenlider. . . . .	5
Schleimhaut des harten Gaumens . . . . .	6
Haut über dem vorderen Theile des Jochbeines . . . . .	7
Plantarfläche des Mittelfusses der grossen Zehen . . . . .	7
Dorsalfläche des ersten Fingergliedes . . . . .	7
Dorsalfläche über den Capitula oss. metacarpi. . . . .	8
Schleimhaut am Zahnfleisch . . . . .	9
Haut hinten über dem Jochbein . . . . .	10
unterer Theil der Stirn . . . . .	10
unterer Theil des Hinterhauptes . . . . .	12
Handrücken . . . . .	14
Hals unter dem Unterkiefer . . . . .	15
Scheitel . . . . .	15
an der Kniescheibe . . . . .	16
Haut über dem Heiligenbein . . . . .	18
am Acromion. . . . .	18
„ Gesäss . . . . .	18
„ Vorderarm . . . . .	18
„ Unterschenkel beim Knie und Fuss . . . . .	18
„ Fussrücken bei den Zehen. . . . .	18
auf dem Brustbein . . . . .	20
am Rückgrat bei den 5 oberen Rückenwirbeln. . . . .	24
„ „ beim Hinterhaupt . . . . .	24
„ „ in der Lendengegend . . . . .	24
„ „ „ „ Mitte des Halses . . . . .	30
„ „ „ „ „ Rückens . . . . .	30
in der Mitte des Arms . . . . .	30
„ „ „ „ „ Schenkels . . . . .	30

oben erwähnte Skala für die absolute Empfindlichkeit ist der hier gegen-  
anz ähnlich mit der einzigen Ausnahme, dass die Zungenspitze hier nicht die erste  
der Empfindlichkeit einnimmt.

geringste Entfernung, welche an verschiedenen Hautstellen gesondert empfunden wird,  
inigen Hautstellen, z. B. an den Extremitäten, in der Querrichtung kleiner als in der  
richtung. Man kann bei derartigen Versuchen von einem Centrum aus nach der Peri-  
die zweite Zirkelspitze ansetzen und kann auf diese Weise die Hautstellen umkreisen,  
bei der doppelten Berührung noch eine einfache Empfindung geben; man kommt  
neist zu einer kreisförmigen Gestalt der Hautstellen, sodass man von »Empfin-



dungskreisen« sprechen kann. Diese Empfindungskreise sind aber in der That nach dem oben gesagten nicht rund, sondern oval, der grössere Durchmesser in die Längenrichtung der Glieder (cf. unten).

### Das Vermögen, die Empfindung zu lokalisieren.

Diese Empfindungskreise sind nicht etwas absolut Feststehendes. Bei Uebung und Aufmerksamkeit können sie verkleinert werden, sodass sie im Allgemeinen von geringerem Umfang gefunden werden, als bei Sehenden. Als Minimum des Empfindungskreises ist der berührte Punkt zu betrachten. Es ist selbstverständlich sich um jeden ganz beliebig berührten Punkt ein derartiger Empfindungskreis zu denken, sodass man nicht in den Irrthum verfallen darf, als wäre die ganze Hautoberfläche aus neben einander liegende derartige Felder von verschiedener Grösse eingetheilt.

Schreiben wir (S. 694) der Seele eine fortwährende Vorstellung von dem Erregten aller ihrer Nervenendigungen in der Haut und deren relativer Lage zu einander bei. Wir stehen wir, wie mit Hilfe dieser Vorstellung Tastempfindungen gesondert wahr werden können. Zwei sehr nahe neben einander liegende Nervenendigungen bringen das Centralorgan zwar gesonderte und verschiedene Empfindungen hervor, deren Unterschiede aber so gering sind, dass sie nicht von einander getrennt werden können. Von den abgelegenen Nervenendorganen jedoch ist die hervorgerufene Empfindung schon so verschieden, dass sie als eine andere aufgefasst werden kann. Wegen dieser relativen Grösse der Empfindung von zwei einander sehr nahe gelegenen Hautstellen kommt es, dass die Seele beide nicht gesondert aufzufassen vermag. Die Empfindungen haben somit keine feststehende anatomische Basis, sie können mit der Uebung vermindert sein; sobald die Seele sich gewöhnt, auch auf kleinere Unterschiede in der Empfindung zu achten, wird sie auch von zwei sich näher liegenden Endorganen noch die Empfindungen gesondert aufzufassen vermögen. Alle Uebung kann dabei jedoch selbstverständlich nicht den relativen Mangel an Sinneswerkzeugen in den unempfindlicheren Hautstellen ändern, sodass die dadurch hervorgerufenen Unterschiede niemals verschwinden können.

Man hat, insofern die Seele ein Bewusstsein von dem Zustand und der Lage der Empfindungskreise besitzt, die Oberfläche des Körpers »Tastfeld« genannt. Das Kenntniss der Seele auf ihrem Tastfelde ist sicherlich etwas Erlerntes. So genau es bei Erwachsenen zeigt, so haben doch Kinder dieses Lokalisirungsvermögen für Empfindungen auf ihrer Hautoberfläche nur in sehr unvollkommenem Grade, wovon man sich durch folgende Beweise verschaffen kann, da sie den Sitz ihrer Schmerzen nur sehr wenig angeben vermögen. Die angeführte Beobachtung bei Verlagerung von Hautstellen, dass sich nach längerer Zeit der Ortssinn wiederherstellen soll, ist ebenso ein Beweis für die Unvollständigkeit der Behauptung, die sich auch für das Sehorgan, dass sich durch seinen vollen Ortssinn auszeichnet, rechtfertigt. Trotz des geringeren Ortssinnes will man bei Kindern die Empfindungskreise kleiner gefunden haben als bei Erwachsenen, was sich aus der geringen Anzahl auf einen geringeren Raum, der kleineren Körperoberfläche entsprechend, in gedrängten Endorganen erklären lassen würde. Nach KRAUSE soll der Abstand zwischen den Tastspitzen stets etwa 12 Tastkörperchen umfassen, sodass also erst die von dem dreizehnten vermittelte Empfindung sich soweit trennen liessen, dass sie gesondert aufgefasst werden können. Man sieht aus dieser Angabe, dass anatomische Grundlagen für die Verfeinerung unserer Ortsempfindung vorhanden ist, ein Ausbildungsgrad, bei der Haut jedoch an keiner Stelle erlangt wird, während er von den empfindlichen Endorganen des Auges in Wahrheit erreicht ist. Dort kann, wie es scheint, die Empfindung einzelner Endorgane gesondert empfunden werden.

Eigentliche Tastempfindungen können in dem sensiblen Nerven nur von der Haut aus erregt werden. Reizen wir die Stämme, so haben wir zwar eine Empfindung

enden Falles in den Ausbreitungsbezirk des Nerven verlegen, es sind dieses aber keine sondern Schmerzempfindungen.

## II. Der Temperatursinn.

Die zweite Art der von der Haut vermittelten Empfindungen ist die Temperaturempfindung. Sie ist von der Tastempfindung wesentlich verschieden, wahrscheinlich wird, dass andere Nervenendorgane, vielleicht die neueren Langerhans beobachteten, an die Endorgane der höheren Sinnesnerven den Nervenendigungen zwischen den fernerer Epidermiszellen, zur Vermeidung der Erregung durch verschiedene Temperaturen in der Haut vorhanden sind den Tastorganen. Für die Sonderung des Temperatursinnes von den Gefühlsempfindungen der Haut sprechen vor allem Beobachtungen wie die von Müller's, dass bei einer Empfindungslähmung im Bereiche des Nervus ulnaris (Stoss an den Ellbogen) alle Qualitäten des Tastsinnes sich abgestumpft während der Temperatursinn keine Unterschiede auf der kranken und gesunden Seite erkennen liess.

Die Empfindungen der Wärme und Kälte gehen bei ihrer Steigerung zuerst vom Kälte- und Frostgefühl über, schliesslich ist jedoch die Schmerzempfindung der Temperaturnerven die gleiche, äusserste Kälte und Hitze wird gleichmässig empfunden. Die Erregung der Temperaturnerven scheint auch durch mechanische und chemische Einflüsse erzeugt werden zu können. Wenigstens ist der brennende Schmerz an der Haut durch die genannten Agentien kaum von dem durch die Hitze hervorgerufenen zu unterscheiden. Das Wärme- und Kältegefühl wird hervorgerufen durch Abkühlung und Erwärmung der Haut. Es tritt unter der Einwirkung kalter oder warmer Körper auf die Haut ausser der direkten Vermeidung ihrer Eigenwärme noch eine secundäre unterstützende Erscheinung auf, die die betreffende Gefühlsempfindung erhöht. Unter dem Einfluss der Kälte verengern sich wie alle Arterien so auch die arteriellen Gefässe der Haut, durch die sie erweitern sie sich. Dadurch wird der Blutzufluss zur Haut entweder gesteigert oder verringert, was eine Erwärmung oder stärkere Abkühlung wegen der näheren oder entfernteren Wärmequelle zur Folge hat. Ein Krampf der Arterien allein kann somit schon Kältegefühl im Fieberfrost hervorrufen, auch wenn die Gesamttemperatur des Körpers dabei eine abnorm gesteigerte ist.

Die Empfindlichkeit der Temperaturnerven für Temperaturschwankungen ist an verschiedenen Körperstellen ähnlich verschieden wie das Tastvermögen. Der kleinste Unterschied aufsuchte in der Temperatur zweier die Haut berührender Stoffe, welcher noch wahrgenommen werden konnte, kam E. H. Weber zu. Die Skala der Hauttheile, welche mit der Zungenspitze beginnt, wie die oben angegebene und mit dem Rumpfe endigt. Die Extremitäten ordnen sich dabei nicht gleichmässig ein. Die Temperaturunterschiede, welche noch unterschieden werden können, liegen zwischen  $+10$  und  $+47^{\circ}\text{C}$ . Höhere oder niedrigere Wärmegrade können nicht mehr genau geschätzt werden; je weiter sie sich von den angegebenen Stellen entfernen, desto weniger gelingt eine Schätzung, da hierbei bei der Berührung nur ein intensiver Schmerz, der eine Unterscheidung nicht mehr zulässt, eintritt. Nach Nothnagel liegt das feinste Unterscheidungsvermögen für Temperaturunterschiede zwischen  $27^{\circ}$  bis  $33^{\circ}\text{C}$ .; zwischen  $33^{\circ}$  bis  $39^{\circ}$  aufwärts



und von  $27^{\circ}$  bis  $44^{\circ}$  abwärts sinkt die Feinheit der Temperaturempfindung langsam, während sie von  $39^{\circ}$  bis  $49^{\circ}$  aufwärts und von  $44^{\circ}$  bis  $7^{\circ}$  ziemlich wesentlich unsicherer wird. Indem man längere Zeit Wärme oder Kälte auf die Haut einwirken lässt, kann man die Feinheit des Temperatsinnes betriegen. Von Epidermis entblösste Haut reagiert auf Temperaturschwankungen empfindlicher als die unversehrte.

Würden wir annehmen, dass die Veränderung der Blutzufuhr zur Haut und die Endigungen der Temperaturnerven der normale Reiz für diese Organe sei, so verstehen, wie elektrische und chemische Reizung der Haut, welche die Blutzufuhr verändern, scheinbare Temperaturempfindungen hervorzubringen vermögen. Die eigentliche Umsetzung in einen Nervenreiz hier zu Stande kommen mag noch unerklärt. Soviel steht aber fest, dass auch zur Hervorrufung dieser Empfindung die Erregung der Endorgane unumgänglich nötig ist. Reizen wir Stämme, in denen Temperaturnerven verlaufen, direkt durch Kälte, so bekommen wir eine Schmerz-, aber keine Temperaturempfindung. Am Ellenbogen liegt der Nervenstamm so nahe unter der Haut, dass er durch Eintauchen des Ellenbogens in eine Kälte leicht erregt werden kann. Man spürt dann, wie E. H. WEBER zeigte, einen heftigen Schmerz, den wir aber nach den Principien der Sinnesphysiologie nicht in die gereizten Stämme, sondern in ihre Endorgane in den Fingerspitzen verlegen. Dieser Schmerz, den wir mit einer Temperaturempfindung vergleichen lässt, ist so stark, dass er das Kältegefühl an der eingetauchten Hautstelle am Ellenbogen, das anfänglich natürlich ist, endlich ganz übertäuben kann.

Je rascher die Wärmeabgabe eines Stoffes ist, desto wärmer oder kälter scheint er, da seine Einwirkung auf die Haut wirklich seinem Wärmeleitungsvermögen entsprechend eine intensivere oder weniger intensive in der Zeiteinheit ist. Metall scheint demnach bei gleicher Temperatur kälter oder wärmer als Holz.

Die oft gemachte Behauptung, dass der Haut das Vermögen zur Schätzung der absoluten Temperatur abgehe, ist bis zu einem gewissen Grade unrichtig. Jedem, der die absolute Temperatur seines Bades bis zu  $1^{\circ}$  oder sogar  $\frac{1}{2}^{\circ}$  genau anzugeben vermag, wenn er seinen Ellenbogen in das Wasser hineinsenkt, ist ein schlagender Gegenbeweis. Das Thermometer, das hierbei verwendet wird, ist die konstante Eigentemperatur des Menschen, wie sie sich in den von Wärmeabgabe möglichst getrennten Körperstellen findet. Eine solche Stelle mit konstanter Temperatur ist die Achselhöhle, sondern auch die Ellenbogenbeuge. Wenn wir, wie es bei der Thermometrie geschieht, den Arm im Gelenke beugen, so setzen wir dort die Wärmeabgabe dadurch so herab, dass diese Stelle die Normaltemperatur des Körpers bedarf, jedoch nach dieser Richtung für die absolute Schätzung ebenso gut einer Erziehung der Sinnesorgane wie nach anderen. Dieses absolute Wärmesensationsvermögen schwankt in den gleichen Grenzen wie das oben besprochene relative nach denselben Gründen. Da der hier gebrauchte Thermometer die normale Eigentemperatur der Haut ist, so ist es einleuchtend, dass das Schätzungsvermögen nach den Veränderungen der Eigentemperatur sich modificiren müsse. Die vollkommen abnorme Eigentemperatur im Fieberfrost, in welchem die Hauttemperatur gegen die normale erhöht sein kann, können die Behauptung des absoluten Schätzungsvermögens nicht entkräften.

Man hat Versuche (CZERMAK), die Gefühlskreise für Tastempfindungen und gleichzeitigen Temperaturempfindungen zu bestimmen. Es mag es dem Zirkelversuche die Spitzen näher an einander gebracht werden können und gesondert empfunden werden, wenn die beiden Spitzen verschiedene Temperaturen haben, wenn sich also mit der Tastempfindung Temperaturempfindung mischt. Es entsteht gleichsam beide Reize: der Druck- und Temperaturreiz zu einer verstärkten Empfindung des Centralorganes von der getroffenen Stelle aus, sodass zwei an sich getrennte

Die Druckempfindungen durch die Hinzufügung der Temperaturempfindung zu der einen natürlich verschieden werden, um gesondert auffassbar zu sein. Aus einem ähnlichen Grunde ist es sich, warum man die Empfindungskreise kleiner bekommt, wenn die eine Zirkel stumpf, die andere spitz ist; die letztere wirkt bei dem Aufsetzen stärker reizend. Druckversuche WEBER'S mit verschiedenen temperirten Gewichten ergeben das gleiche Resultat. Ein kälteres Gewicht erscheint schwerer als ein wärmeres, weil sich mit dem Kreis an der einen Stelle noch der Kältereiz verbindet zu einer gesteigerten Empfindung. In den letzterwähnten Fällen wurde die leichtere Differenzirung zweier Reizempfindungen durch eine doppelte Reizung an einer Stelle, wodurch ein Summeneffekt zu Stande kam. Der Effekt eines sensiblen Reizes nimmt auch dann zu, wenn mehrere Nervenendigungen gleichzeitig von demselben Reiz getroffen werden.

Tauchen wir in zwei Gefässe von gleicher Temperatur in das eine die ganze Hand, in das andere nur einen Finger, so scheint das erstere wärmer als das andere zu sein. Die vielschzeitigen Reize summiren sich zu einem grösseren Effekte als die weniger zahlreich, obwohl die absolute Reizstärke jedes einzelnen Nervenendorganes ganz die gleiche in beiden Fällen. Das Vermögen, relative Unterschiede der Temperaturen zu schätzen, ist gewöhnlich ja sehr scharf ist, wird durch den genannten Umstand oft soweit beeinträchtigt, dass man zwei Temperaturen in verkehrter Weise für verschieden hält, als in Wahrheit sind. Man hält unter diesen Umständen nach WEBER Wasser, welches  $30^{\circ}$  R. warm ist, und in das man die ganze Hand eintaucht, für wärmer als Wasser von  $32^{\circ}$  R., in das man nur den Finger hereinbringt. In dieselbe Täuschung verfällt man, wenn man Wasser von  $+17^{\circ}$  R. und  $+19^{\circ}$  R. auf dieselbe Weise untersucht.

Deuten die Beobachtungen über Tast- und Temperatursinn darauf hin, dass die Anzahl der Reize besteht, dass die im Nerven angeregten Bewegungen in unserem Gehirn zu unserem Bewusstsein kommen. Je näher die Hautstellen einander liegen, auf welche die Reize gleichzeitig gemacht werden, und vermuthlich also auch, je näher einander die Stellen des Gehirnes liegen, zu welchen die Eindrücke fortgepflanzt werden, desto leichter werden die Empfindungen in eine zusammen, je entfernter sie aber von einander sind, desto mehr ist es der Fall (WEBER).

Beweisen gleichzeitig diese Experimente, wie die gesonderte Empfindung zweier an verschiedenen Stellen einwirkender sensibler Eindrücke gerade wegen ihres Zusammenflusses, trotz der Einwirkung der Erziehung auf unser Bewusstsein, doch über eine bestimmte Grenze hinaus oder vielmehr herein nicht mehr möglich ist. Die Bewegungserregungen in benachbarten centralen Empfindungsorganen sind sich nicht nur sehr ähnlich, sondern sie schwer eine von der anderen weggekannt werden können, sie fliessen zusammen, da ein Centralorgan nächstbenachbarte mit in seine Bewegung hineinzieht, in der er über.

### III. Gemeingefühl.

Die sensiblen Nervenendigungen in den übrigen Körperorganen, mit Ausnahme der Sinneswerkzeuge und der Haut, sind noch fast vollkommen unbekannt. Die Empfindungen in ihnen sind in mancher Beziehung, besonders in den Tastempfindungen analog, doch sind die Nerven der inneren Körpertheile, namentlich der Körperhöhlen, auch deutlich für Temperaturreize empfindlich. Der Unterleib rufen, nach den übereinstimmenden Aussagen der betreffenden Aerzte, plötzliche in ihn erfolgende starke Blutergüsse durch Gefässzerreissungen ein Gefühl von Wärme (und Druck) hervor.

Die Knochen, Sehnen, Knorpel, Bindegewebe, sind wie das Fettgewebe für Schmerz empfindlich, doch können in krankhaften Zuständen alle diese Organe Schmerz erregen. Ueberhaupt ist es bei den betreffenden Organen vor allen das Gemeingefühl, was zur Empfindung kommt. Ein ganz gesunder Mensch wird



durch keine Empfindung über seine Körperanatomie, über die Lage seiner Organe z. B. unterrichtet, so genau in Folge von Krankheiten das Bewusstsein von ihnen Kenntniss hat. Von den Endorganen der sensiblen Nerven betreffenden Organe sind fast allein die VATER'schen Körperchen im Mesenterium Katzen, sowie dieselben Organe an den Gelenken (RÜDINGER, RAUER) bei den Muskeln, in denen das Gemeingefühl am stärksten und am feinsten bildet ist, fehlt noch alle Kenntniss der sensiblen Nervenendigungen, da Beobachtungen KÜHNE's u. A. nur auf die motorischen Nerven beziehen.

**Das Muskelgefühl** leistet uns zwei sehr wesentliche Dienste. Es antwortet uns nicht nur stets von der jeweiligen Lage unserer Glieder und Hautstellen, sondern es sind auch die Muskeln, vermittelt welchen der Grad der Anstrengung bemessen, welcher erforderlich ist, um den leisteten Widerstand zu überwinden. Auf gewöhnliche sensible Nervenverletzungen sich die gesunden Muskeln nicht empfindlich. Man kann sie bei Operationen schneiden und quetschen, ohne dass, wenn nicht ein Nerve direkt getroffen, Schmerzäusserungen dadurch veranlasst würden. Hingegen sind die Muskeln empfindlich für das Gefühl der Anstrengung — Ermüdung —, was in extremen Fällen in einen intensiven Schmerz übergehen kann. Hierher gehören Schmerzen durch starke Muskelarbeit, die ungeheure Schmerzhaftigkeit der Krämpfe, z. B. des Wadenkrampfes, der Uteruskontraktionen. Vor allem ist hier zu nennen das feine Gefühl, welches die durch den Willen bewirkte Zusammenziehung der Muskeln begleitet.

**Das Gefühl der Ermüdung**, welches durch die anhaltende Muskelkontraktion hervorgerufen wird, überdauert seine Ursache lange Zeit, wie man nach angestrengten Fussmarschen, nachdem man seinen Arm lange Zeit unbewegt gestreckt hatte, an sich selbst zuweilen Gelegenheit findet. E. H. WEBER, dem wir auch hier die Grundversuche verdanken, hat in den Gedanken ausgesprochen, dass die in Folge der Kontraktion auftretende Veränderung der Muskelsubstanz das Empfindung und Schmerz erzeugt sei. Seitdem wir sicher wissen, dass die objektiven Ermüdungserscheinungen dieselben haben, gewinnt diese Anschauung sehr an Gewicht, wir verstehen nun auch BICHAT, sobald er reizende Flüssigkeiten, wie Tinte, verdünnte Säuren oder Weingeist in die Arterien lebender Thiere spritzte, heftigen Schmerz entstehen sah. Die genannten Stoffe wirkten der Milchsäure oder dem sauren phosphorsäueren Kali, die im Muskel entstehen, wahrscheinlich vollkommen gleich, indem sie in die Muskelfasern und Blutgefäße eindrangen. Daraus wird es uns auch klar, dass das Ermüdungsgefühl einige Zeit andauert, bis die Blutcirculation Zeit hatte, die gebildeten, schmerzhaften Muskelschlacken abzuführen. Bei allen Krankheiten mit verminderter Lebensenergie, so wie bei solchen, welche mit einer raschen Konsumption der Körperstoffe, gesteigerter Bildung der Zersetzungsprodukte aller Organe, also auch der Muskeln, gehen, findet sich darum aus der gleichen Ursache das Ermüdungsgefühl, die Abgeschlagenheit, die dann bei hinzukommenden Anstrengungen oder auch ohne sie so leicht in Ermüdungs- oder Muskelschmerzen übergehen kann.

**Der Kraftsinn.** Die Empfindung von dem Grade der erforderlichen Anstrengung zur Ueberwindung eines uns geleisteten Widerstandes ist so fein, dass der Kraftsinn leistet wie ein Sinn, den man nach WERNER Kraftsinn nennen könnte. Man kann mit seiner Hilfe, ganz unabhängig von dem Tastsinn, den Unterschied zweier Gewichte noch genauer bestimmen als mittelst des Tastsinnes. Man kennt noch richtig Gewichte als verschieden schwer, die sich wie 10—12

Wir wissen durch Erfahrung, welche Anstrengung bestimmter Muskeln erforderlich ist, um unsere Glieder in eine gewisse Lage zu versetzen und darin zu erhalten, so genau, dass wir jeden Augenblick durch den Zustand der Anstrengung der einzelnen Muskeln, in dem sich diese gerade befinden, annehmen vermögen, in welcher Lage sich unsere Glieder befinden, auch ohne dass wir sehen oder dass sie sich gegenseitig berühren. Es ist einleuchtend, wie das Lagekenntniss der Glieder zu einander ebenso zur Grössen- und Gestaltsnehmung mit beiden Händen ergriffener Gegenstände benützt werden kann, zur Erhaltung des Gleichgewichtes beim Stehen und Gehen. Die Feinheit und Sicherheit der Muskelkontraktion, beruhend auf den eben genannten Ursachen (wenigstens die vorläufige Schätzung des zur geforderten Muskelaktion nöthigen Impulses vom Nerven aus) theilweise im Gehirn zu Stande kommen, überaus unstreitig am meisten bei der Ton- und Buchstabenbildung im Kehlkopf der Mundhöhle, beim Singen und Sprechen.

Das Muskelgefühl bringt in manchen speciellen Fällen nicht nur den jeweiligen Zustand des Muskels selbst zum Bewusstsein, sondern es verbinden sich mit ihnen auch oft ganz bestimmte Phantasievorstellungen. WERDEN bemerkt, dass Kontraktionen gewisser Gesichtsmuskeln, durch welche wir bestimmte Mienen hervorbringen, sich leicht mit den Vorstellungen verbinden, für welche der betreffende Gesichtsausdruck charakteristisch ist, sodass es und da allein schon genügen eine gewisse Seelenstimmung in uns hervorzurufen. Meist verschwinden letztere leichter, wenn die typische Kontraktion der Gesichtsmuskeln verändert wird, wenn wir z. B. mit der Hand gewisse Runzeln der Stirn glätten, wenn unser Gesicht im Gegensatz zu unserer gerade vorhandenen Gemüthsstimmung einen ruhigen oder wenigstens ruhigen Ausdruck ertheilt. —

**Das Bell'sche Gesetz.** Die sensiblen Nerven der Haut stammen aus den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, während, wie schon erwähnt, die vorderen willkürlichen Bewegung vorstehen: BELL'sches Gesetz. Durchschneidet man die hinteren Wurzeln, so hört damit die Empfindung in den von ihnen inneren Theilen vollkommen auf. Das centrale, mit dem Rückenmark zusammenhängende Ende ist natürlich noch empfindlich und ruft gereizt starke Schmerzwirkungen hervor. So lange die hintere Wurzel noch unversehrt existirt, zeigt die vordere, motorische Wurzel auf Reiz ebenfalls, wenn auch viel schwächer, eine hintere empfindlich. Diese scheinbare Sensibilität hört jedoch auf, sobald die hintere Wurzel durchschnitten ist (MAGENDIE). Man versteht dieses Verhältniss, wenn man annimmt, dass im Ganglion spinale von der hinteren Wurzel auf die vordere Wurzel übergehen, die dem Rückenmark zu verlaufen, aber rückläufig umbiegen. Es muss diese »rückläufige Sensibilität« existiren, wenn die hintere Wurzel durchschnitten ist, durch welche die übrigen Nerven mit ihren Centralorganen zusammenhängen.

Die sensiblen Muskelnerven sind noch wenig erforscht. Man hat zu den Augenmuskeln, die bekanntlich ihre motorischen Nerven vom N. Oculomotorius, Trochlearis und Abducens erhalten, auch dünne Aeste eines Empfindungsnerven, des N. ophthalmicus des Trigemini verfolgt. Unstreitig gehen auch zu den übrigen Muskeln sensible Fasern, die sich den motorischen Nervenstämmen durch Vermischung beimischen. Die verschiedene Anzahl derselben ist wohl der Grund der verschiedenen starken Ausbildung des Muskelgefühles in den verschiedenen Muskeln.



## Dreiundzwanzigstes Kapitel.

### Gesichtssinn. I. Der Bau des Auges.

#### Die Funktionen des Auges und Uebersicht seines Baues.

Das Auge verdankt die Fähigkeit der Lichtempfindung dem Sehorgan in der Endausbreitung des Sehnerven, der Netzhaut, Retina, gelegenen Endapparate seiner Fasern, die Stäbchen und Zapfen der Retina, haben die spezifische Eigenschaft, die Schwingungen des Lichtäthers in einen Nervenreiz zu verwandeln. Objektives Licht von genügender Stärke, welches auf ein Stäbchen oder einen Zapfen der Retina auftrifft, bringt einen Erregungszustand der Endapparate zugehörigen Nervenfasern hervor, welcher, dem Centralorgan der Empfindung zugeleitet, dort den subjektiven Eindruck einer Lichtempfindung veranlasst. Jeder Erregungszustand der Fasern des Optikus ruft zwar eine Lichtempfindung hervor, aber nur von den Endapparaten aus können die Fasern durch objektives Licht in den Erregungszustand versetzt werden.

Das menschliche Auge kann nicht nur hell und dunkel, sondern auch Farben und Gestalten unterscheiden. Für die Auffassung des Lichtreizes bedürfte für die Unterscheidung seiner Intensität bedürfte das Auge, abgesehen vom centralen Sinnesapparat im Gehirn, dessen Erregungszustand uns Lichtempfindung bedeutet, nur einer einzigen Nervenfasern mit einem die Lichtreize mittelnden Endorgane, etwa mit einem Stäbchen verbunden. Bei absolutem Lichtmangel würde die Optikusfaser gar nicht erregt werden, mit der Steigerung der Intensität des objektiven Lichtes würde der Reizzustand an Stärke zunehmen. Das Auge aber auch die Fähigkeit besitzen, die verschiedenen Qualitäten des Lichtes: die Farben, als verschiedene Reize aufzufassen, so müssen nach der spezifischen Energieen wenigstens für die Grundfarbenempfindungen aus denen die übrigen Farbenempfindungen gemischt gedacht werden. Es bedürfte spezifische Optikusendorgane, spezifische Farbenempfindungsorgane, welche durch Licht von bestimmter Wellenlänge erregbar sind, vorhanden sein. Eine gleichzeitige Erregung bringt den Eindruck des weissen Lichtes, die Erregung jedes einzelnen den Eindruck von farbigem Lichte hervor. Die Fähigkeit der Gestaltenwahrnehmung setzt eine grössere Anzahl von Optikusendorganen im Sehorgan und Einrichtungen voraus, durch welche von einem Punkte

nde, in das Auge eintretende Lichtstrahlen im Auge selbst wieder in einen Punkt und zwar in einem Stäbchen oder Zapfen in der Weise vereinigt werden, dass dadurch eine Erregung der betreffenden Optiksfaser erfolgt. Zu diesem Ende ist mit der flächenhaften Ausbreitung des Sehnerven, dessen Oberfläche einer Schichte mosaikartig neben einander stehender Stäbchen und Zapfen verbunden, ein optischer lichtbrechender Apparat verbunden, welcher homocentrische Lichtstrahlen durch die Brechung auch wieder auf einen Punkt der Stäbchen- und Zapfenschichte der Retina concentrirt. In Folge dieser Einrichtung wird das Licht für das Auge die ganze Sichtbarkeit zu einer feinen Mosaik leuchtender Punkte, jeder sichtbare Punkt sendet seine Strahlen aus und beiträgt dadurch an der Herstellung dieser Mosaik. Die in das Auge von einem sichtbaren Objekt aus einfallenden Lichtstrahlen vereinigen sich auf der percipirenden Fläche der Retina zu einem Lichtbildchen des Objektes; da, wie gesagt, die Retina selbst eine ungemein feine Mosaik lichtempfindlicher Nervenorgane darstellt, so entspricht den verschiedenen das Lichtbild im Auge zusammensetzenden leuchtenden Punkten je ein Reizzustand eines der möglichen neben einander stehenden nervösen Endorgane. Das Lichtbild im Auge wird dadurch in ein musivisches Bild verwandelt, von gleicher Ausdehnung und Farbe wie jenes, in welchem aber die verschiedenen Helligkeiten und Farben des Bildes durch bestimmte Reizzustände der Nervenendapparate und der zu ihnen gehörigen Optiksfasern wieder gegeben sind. Welcher Art dieser Reizzustand in den Stäbchen und Zapfen sei, wie in ihnen die Umsetzung der Wellenbewegungen des Lichtäthers in einen Nervenreiz erfolgt, ist bisher noch nicht mit Sicherheit erforscht.

Seinen Funktionen entsprechend, lassen sich die wesentlichen Theile des Auges bezeichnen als lichtempfindlicher Apparat und als lichtbrechender Apparat. Beide bedürfen noch Schutz- und Ernährungsorgane. Doch ist die Trennung nicht absolute. Unter den lichtbrechenden Theilen des Auges scheinen auch die Mitglieder der Stäbchen und Zapfen, welche zu dem lichtpercipirenden Apparat gerechnet werden, eine vielleicht besonders wichtige Rolle zu spielen. Die die schützende Augenhülle beeinflusst als durchsichtige Hornhaut vorzüglich die Wegung der Lichtstrahlen im Auge, und die Aderhaut, welche zunächst als Ernährungsorgan des Auges erscheint, wird für die genaue Zeichnung der Lichtbilder im Auge einmal dadurch wichtig, dass ihr vor der Linse liegender, centraler bohrter Abschnitt, die Iris, als in der Weite veränderliche optische Blende, die Iris wirkt. Andererseits ermöglicht der vorzüglich in ihr verlaufende Akkommodationsmuskel durch entsprechende Vermehrung oder Verminderung der Krümmung und damit des Gesamtbrechungsvermögens des Auges die Fokussirung von Lichtstrahlen, die aus verschiedener Entfernung herkommen, auf der Netzhaut, wodurch es dem normalen Auge möglich wird, von Gegenständen in den verschiedensten Abständen noch genaue Gewahrnehmungen zu vermitteln.

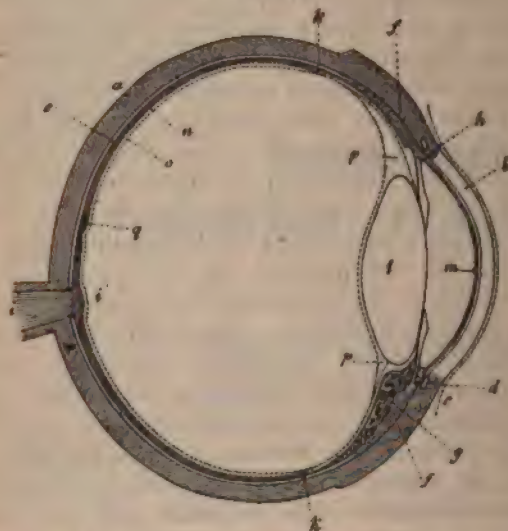
In dem Auge der Menschen werden durch membranöse Gebilde folgende wesentliche Theile umschlossen: die wässerige Feuchtigkeit in der Kammer, die Krystalllinse, der Glaskörper. Sie bilden den Kern der Augmasse des Auges. Umhüllt werden sie von drei in einander liegenden Systemen von Häuten (Fig. 498). Diese Häute sind:



1. Das System der Netzhaut mit der Pars ciliaris. Sie bildet die innerste Augenhaut und liegt direkt auf dem Glaskörper auf.

2. Das System der Tunica vasculosa besteht aus der (Choroidea), dem Ciliarkörper und der Regenbogenhaut, Iris. Es

Fig. 498.



Querschnitt des Auges nach HELMHOLTZ. a Sclerotica; b Cornea; c Conjunctiva; d Circulus venosus corneae; e Tunica choroides und Membrana pigmenti; f, M. ciliaris; g Processus ciliaris; h Iris; i N. opticus; j Colliculus opticus; k Ora serrata retinae; l Krystalllinse; m Tunica Descemetii; n Membrana limitans retinae; o Membrana hyaloides; p Canalis Pupillae; q Macula lutea.

nach vorne in der Augenhöhle befestigt, überzogene, weisse Augenhaut, welche den durchsichtigen Theil des lebenden Auges ist die Hornhaut, Cornea, das vordere Ende des Auges, die sich etwas stärker hervorwölbt, und hinter der sich die blass oder blau und grau gefärbte Iris mit ihrer schwarz erscheinenden Fortsetzung: der Pupille, zeigt.

Die Gestalt des Auges wird durch Sclerotica und Cornea bedingt, welche durch ihre grosse Festigkeit vor allem vor äusseren Eingriffen schützen. Die Form des Augapfels ist oberflächlich betrachtet, kugelig, doch ist die hintere Seite ziemlich abgeplattet. Eine Linie, welche durch den Mittelpunkt der Hornhaut und des Augapfels gelegt werden kann, bezeichnet man als Augenaxe, eine darauf senkrecht durch den Mittelpunkt des Augapfels gelegte Ebene bezeichnet man als: Aequatoriale Ebene. Der Umfang des Augapfels bezeichnet man als Aequator. Die vier geraden Augenmuskeln drücken den Augapfel ein, der sich zwischen ihnen leicht hervorwölbt. Vorne geht die Sclerotica über die gekrümmte Cornea über, hinten und etwas nach unten und innen zu ist sie durchbohrt.

das vorige System der Linse bis auf eine Fortsetzung an der vorderen Seite der Linse: die Pupille.

3. Das System der Sclerotica mit der Cornea. Es bildet die Hülle des Augapfels. In ihrem grösseren Theile aus der untern Seite des Auges, Sclerotica, in dem kleineren Theile aus der durchsichtigen Augenhaut, Cornea, besteht. Es umschliesst die anderen Augenorgane. Die Nerven kommen, an ihrer vorderen Seite wird sie durchbohrt.

Das weisse, lebende Auge ist durch eine Ueberzugshaut, welche die

## Sclerotica und Cornea.

Die **Sclerotica**, die weisse Augenhaut, ist eine feste, fibröse aus Bindegewebe gelagerten elastischen Fasern gebildete Membran. Sie ist biegsam, aber fast unelastisch. Ihre Bindegewebsfibrillen verlaufen meist der Oberfläche der Sclerotica parallel, wodurch diese unvollkommen in Lamellen spaltbar wird. In der Substanz sind Zellen eingelagert, die den unten zu beschreibenden Hornhautzellen ähnlich sind. Wie die Hornhaut ist auch die Sclerotica von einem Saftkanälchennetz durchzogen, die in ihnen gelegenen Zellen enthalten bei vielen Säugethieren Pigmentkörnchen (STRICKER, CARMELT). Die Nerven der Sclerotica passiren diese z. Thl. nur, um zu dem Musculus ciliaris, Cornea etc. zu gelangen, doch lassen sich (deutlich beim Frosch und beim Kaninchen) auch eigene Scleroticanerven nachweisen (STRICKER, CARMELT).

Die **Cornea**, Hornhaut des Menschengauges, setzt sich aus mehreren Schichten verschiedener Gewebe zusammen. Das eigentliche Hornhautgewebe, das die Masse der Hornhaut ausmacht, wird nämlich nach aussen von einem geraden Plattenepithelium, dem äusseren Hornhautepithel, begrenzt. Innen schliesst sich an das eigentliche Hornhautgewebe eine elastische, meist als erscheinende glasartige Lamelle, die Descemetische oder Demour-Haut an, die nach innen gegen die Augenkammer zu mit einer einfachen Schicht geplatteter Zellen mit runden Kernen, dem inneren Hornhautepithel oder Endothel der Descemetischen Haut bekleidet ist.

Das äussere Hornhautepithel zeigt in den obersten Schichten abgeplattete Zellen, in der untersten unmittelbar auf dem Hornhautgewebe aufsitzenden Schichte cylindrische Zellen. Die Zellen erscheinen von rauher Oberfläche mit ihren kurzen Zacken in einander geschoben wie bei Riff- oder Stachelzellen (LETT, S. 30, Fig. 32). Die Descemetische Haut präsentirt sich auf Querschnitten als sehr scharf gezeichnete Schicht. Ihre Dicke nimmt mit der Entfernung von der Oberfläche von 0,003—0,02 Mm. zu. Im frischen Zustand erscheint die Membran vollkommen strukturlos, unter Einwirkung von Reagentien erhält sie eine deutliche parallele Streifung.

Das eigentliche Hornhautgewebe gehört wie das Gewebe der Sclerotica zu den Bindegeweben der Binde-Substanz. Auch hier findet sich eine fibrilläre Grundsubstanz, in einem reichen Saftkanälchennetze (v. RECKLINGHAUSEN) durchzogen, in der innern sich Zellen finden und zwar Zellen zweierlei Art: fixe Hornhautzellen (VIRCHOW) und bewegliche Zellen, Wanderzellen (v. RECKLINGHAUSEN, ENGELMANN), welche im lebenden Gewebe lebhaft amöboide Bewegungen machen und deutlichen Ortswechsel erkennen lassen. Die Fibrillen der Grundsubstanz sind sehr fein, höchstens 0,0001 Mm. dick (ENGELMANN), sie vereinigen sich zu feinen Bündeln, welche meist der Hornhautoberfläche ziemlich parallel verlaufen. Die Richtungen der über einander liegenden Bänder kreuzen sich unter verschiedenen Winkeln, hie und da rechtwinkelig. Gegen die äussere Oberfläche des Hornhautgewebes zu nehmen die Faserbündel einen gegen die Oberfläche geneigten Verlauf und schieben sich dabei sehr innig durch einander. Gegen das äussere Epithel begrenzt sich das Hornhautgewebe durch eine vordere Grenzschicht (ROLLETT) ab, welche nach ROLLETT auch aus Fibrillen besteht, von HENLE unter



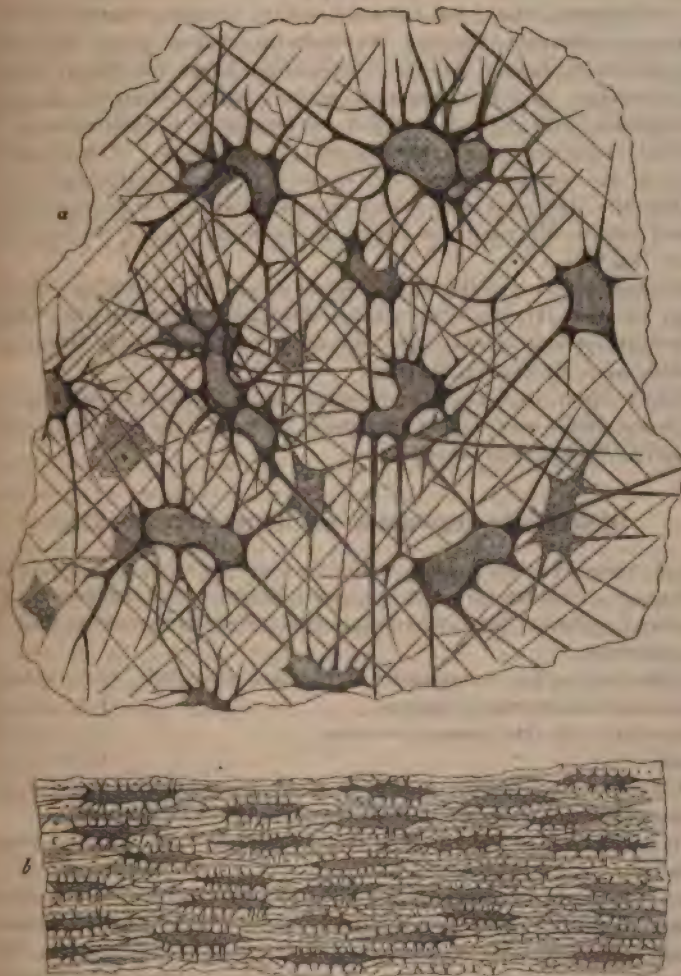
dem Namen *Lamina elastica anterior* als ein Analogon der Descemet'schen Haut betrachtet wird. Die Fibrillen der Cornea sind durch eine Kittsubstanz einander verbunden, welche ENGELMANN für flüssig erklärte, was nach A. mit den sonstigen Beobachtungen nicht in Einklang steht. Die Saftkanäle, welche die fibrilläre Grundsubstanz der Hornhaut durchziehen, bestehen aus runden buchtigen Hohlräumen, die unter einander durch feinere unregelmäßig ästelte Röhrengelände anastomosiren, welche sie nach den verschiedensten Richtungen hin aussenden. In den Erweiterungen des Saftkanälchennetzes finden die fixen Hornhautkörperchen eingelagert. Letztere bilden in den Erweiterungen der Saftkanälchen ein zusammenhängendes Protoplasmanetz. Sie entbehren einer äusseren Membran, ihr Körper ist glatt, ebenso ihr Kern, meist liegt ihre freie Seite senkrecht zur Hornhautoberfläche, sodass sie von oben gesehen als runde, senkrechten Hornhautdurchschnitten aber ziemlich spindelförmig erscheinen. Von diesen Zellen senden eine grössere oder geringere Anzahl sich verästelnder Fortsätze aus, die sich mit Fortsätzen anderer Hornhautkörperchen zu einem zierlichen Netze vereinigen, dessen Maschen oft sechseckig erscheinen (A. ROLLETT) (Fig. 199).

Das Netz der Hornhautkörperchen fällt mit dem der Saftkanälchen zusammen (His), doch bleibt in ersterem so viel Raum, dass auch noch, wie ROLLETT angiebt, die beweglichen Körper der Hornhaut vorkommen können, die HAUSEN's, die Wanderzellen, darin fortbewegen können. Letztere sind kleiner als die fixen Hornhautkörperchen, ihre Ausdehnung beträgt meist nur 0,001 mm (ENGELMANN). Ihre Anzahl ist wechselnd in verschiedenen Hornhäuten, doch finden sie sich in allen Schichten. Ihre lebhaften Formveränderungen gleichen denen der amöboiden weissen Blutzellen oder der Eiterkörperchen, ihre Fortsätze aber im Hornhautgewebe häufig auffallend verlängert und sehr schmal, entsprechend dem zarten Lückensysteme, in welchem sie sich bewegen. Sie stammen theils aus dem Blute und sind wahre ausgewanderte weisse Blutkörperchen (CONNHEIM), theils können sie, wie es scheint, auch aus der Umwandlung der fixen Hornhautkörperchen (namentlich bei Entzündungen der Hornhaut) entstehen (F. A. HOFFMANN, NORRIS, STRICKER, ROLLETT).

Die Nerven der Hornhaut treten vom Rande her als verschiedene doppelmarkhaltige Fasern in ziemlich regelmässigen Abständen ein. Die Zahl der doppelmarkhaltigen Nerven beträgt beim Menschen etwa 30—40 (KÖLLIKER, SÄMMER). Diese Fasern breiten sich verbreiten und sehr bald ihre Markscheide verlieren, bilden sie unter vielfachen Anastomosiren einen Nervenplexus, von dem feine Verästelungen gegen die vordere Oberfläche aufsteigen, wo sie ein zweites zartes, flächenhaft ausgebreitetes Netzwerk bilden. Von hier verlaufen senkrecht oder schief feine Zweige (Rami perforantes) zu dem vorderen Epithel, zerfallen unmittelbar in diesem pinselförmig oder sternförmig (CONNHEIM, ENGELMANN) in eine Anzahl feiner Endäste, welche wieder ein zierliches, flächenhaft entwickeltes Geflecht, das subepitheliales Nervenplexus bilden. Von diesem dringen wieder senkrecht in ziemlich konstanten Abständen feine Zweige zwischen die Epithelzellen ein, die erst in der inneren Lage der obersten abgeplatteten Zellen weitere feine Endäste abgeben, welche in der äussersten Epithelzellschicht oft etwas angeschwollen endigen (A. ROLLETT). An der Hornhaut des Kanarienvogels (CHAPMANN und STRICKER) auch ein oberflächliches feinstes Nervennetz über. Die Fasern dieser reichen Geflechte sind im Leben so durchsichtig, dass sie den durchfallenden Lichtstrahlen durch die Hornhaut nicht merklich behindern.

Die Gefäße der Hornhaut bilden beim Menschen nur einen aus zierlichen Kapillarschlingen bestehenden Randsaum von 4—4,5 Mm. Breite. Die oberflächlicheren Gefäße stammen aus den Gefäßen der Bindehaut, aus der Sclerotica stammen dagegen tiefer

Fig. 199.



a. Hornhautkörperchen aus einer mit Goldchlorid behandelten und von der Fläche gesehenen Froscornea.  
b. Die Hornhautkörperchen auf einem zur Oberfläche senkrechten Schnitte einer mit Goldchlorid behandelten Froscornea.

Die Gefäßschlingen. Der Mangel der Blutgefäße ist der Hornhaut durch die oben genannten Saftkanälchen ersetzt. Lymphgefäße wurden am Cornealrande beobachtet (Kien, Hs).

Am Hornhautrande, Hornhautfalz, Limbus corneae, geht das äussere Epithel ohne Brechung in das Epithel der Bindehaut über. Auch die Fasern des Hornhautgewebes der Sclerotica scheinen sich mit einander zu verbinden, oder wenigstens sehr innig in einander zu schieben. Die Descemetische Haut geht nach Kölliker an dem Hornhautrande in ein elastisches Fasernetz über, das beim Menschen zunächst einen ringförmigen Gürtel





nungen anwendbaren Fernrohr, in dessen Okular zwei Spinnenfäden parallel gespannt sind, denen er mittelst einer Schraubenvorrichtung beliebige Entfernungen von einander geben konnte. Die Spiegelbilder der Lichter erscheinen auf der Hornhaut als zwei leuchtende Punkte, auf welche die Spinnenfäden möglichst genau eingestellt wurden. Die Entfernung der Spinnenfäden und damit die Entfernung der Spiegelbilder im Auge konnte gemessen, und daraus der Krümmungsradius der Hornhaut berechnet werden.

Um diese Messung des Spiegelbildes von störenden Bewegungen des beobachteten Auges zu machen, konstruirte HELMHOLTZ das Ophthalmometer. Wenn wir durch eine parallele Glasplatte, schräg hindurchblicken, so sehen wir einen Gegenstand, den wir verschieben wollen, zwar in seiner natürlichen Grösse, aber etwas seitlich verschoben, und diese Verschiebung ist um so grösser, je spitzer der Winkel zwischen den Lichtstrahlen und der Fläche der Platte wird. Betrachten wir mit einem Auge gleichzeitig durch zwei solche parallele Glasplatten, die sich unter irgend einem Winkel kreuzen, eine Linie, so erkennt sie, da die eine Platte ihr Bild nach der einen, die andere nach der anderen Seite schiebt, doppelt. Die Entfernung der Doppelbilder ist um so grösser, je grösser der Kreuzungswinkel der Glasplatten, sie kann aus den Winkeln, welche die Platten mit der Axe des Fernrohrs machen, berechnet werden. Das Ophthalmometer ist nun im Wesentlichen ein Fernrohr zum Sehen auf geringe Entfernungen eingerichtet, vor dessen Objektivglase stehen einander zwei Glasplatten, sodass die eine Hälfte des Objektivglases durch die eine, die andere durch die andere Platte sieht. Stehen beide Platten in einer gegen die Axe des Fernrohrs senkrechten Ebene, so erscheint nur ein Bild des betrachteten Objekts, z. B. des Spiegelbildes eines Lichtes auf der Hornhaut, dreht man aber beide Platten ein wenig gegen einander, so theilt sich das einfache Bild in zwei Doppelbilder. Der Kreuzungswinkel der Platten kann am Instrumente sehr genau abgelesen werden. Lässt man, wie oben, auf der Hornhaut einen Maassstab sich spiegeln, dessen Ende man mit je einem Lichte bezeichnet hat, und stellt die durch die Drehung der Platten erzeugten Doppelbilder so an einander, dass das Ende des einen den Anfang des anderen genau berührt, so ist die Länge des Spiegelbildes des Maassstabes gleich der Entfernung seiner beiden Spiegelbilder von einander und kann wie diese berechnet werden. Das Ophthalmometer ist also ein Instrument zur genauen Längenmessung des Spiegelbildes, es kann auch zur Messung anderer optischer Bilder mit Vortheil angewendet werden.

HELMHOLTZ bestimmte mit dem Ophthalmometer die Elemente des horizontalen Durchmessers der Hornhaut für die Augen dreier weiblicher Individuen zwischen 25—30 Jahren, es gab sich in Millimetern:

	I.	II.	III.
Krümmungsradius im Scheitel . . . . .	7,338	7,646	8,154
Grad der Excentricität . . . . .	0,4367	0,2430	0,3037
Grösse der grossen Axe . . . . .	13,027	10,100	11,711
Grösse der kleinen Axe . . . . .	9,777	8,788	9,772
Winkel zwischen grosser Axe und Gesichtslinie . . . . .	4°19'	6°43'	7°35'
Horizontaler Durchmesser des Umfangs . . . . .	11,64	11,64	12,092
Abstand des Scheitels von der Basis . . . . .	2,560	2,531	2,544

Der Mittelpunkt der äusseren Fläche der Hornhaut fällt in allen drei Augen fast genau mit dem Scheitel der Ellipse zusammen. Die Gesichtslinie (cf. unten) liegt auf der Nasenseite des vorderen Endes der grossen Axe des Hornhautellipsoides.

HONDERDAS theilt eine grosse Anzahl von physiologisch wichtigen Messungen des Krümmungsradius in der Gesichtslinie mit, die Mittelwerthe derselben sind in Millimetern:



Männer:	Frauen:	Nach der Zeit
20 unter 30 Jahren 7,933	6 unter 30 Jahren 7,726	27 Normalsichtige
54 „ 40 „ 7,883	22 „ 40 „ 7,799	25 Myopische
28 über 40 „ 7,849	16 über 40 „ 7,799	26 Hypermetropische
44 „ 60 „ 7,809	2 „ 60 „ 7,607	
Mittel . . . . . 7,858	Mittel . . . . . 7,799	
Maximum . . . . . 8,396	Maximum . . . . . 8,487	
Minimum . . . . . 7,298	Minimum . . . . . 7,115	

Der hier gemessene Krümmungsradius der Hornhaut nimmt darnach im Alter die Krümmung nimmt also zu. Bei Normalsichtigen (emmetropischen) Augen ist die Krümmung der Hornhaut am stärksten, bei Myopischen (kurzsichtigen) geringer, und bei Hypermetropischen (überweitsichtigen) Augen. Namentlich für die kurzsichtigen war dieses Resultat überraschend, da man bis dahin ihre Anomalie zum Theil eher als normale Hornhautkrümmung glaubte zurückführen zu dürfen.

Die Berechnung des Krümmungsradius der Hornhaut (Helmholtz) oben gesagt, einfach, wenn das gemessene Spiegelbild verhältnissmässig klein. Radius ist. Es verhält sich die Grösse  $a$  des Objekts zur Entfernung  $b$  des Auges wie die Grösse  $\alpha$  des Bildchens zum halben Krümmungsradius  $\frac{1}{2}r$ , die Proportion einfach zu berechnen ist:  $a : b = \alpha : \frac{1}{2}r$ .

#### Tunica vasculosa: Choroidea und Iris.

Die Tunica vasculosa s. uvea kleidet als Choroidea die Sklerotica aus; noch ehe sie den Rand der Cornea erreicht, 1 Mm. davon entfernt sich von der äusseren Umhüllungshaut des Auges ab und legt sich an die Fläche der Linse an, welche sie als Iris, Regenbogenhaut, bis auf die Linsenöffnung entsprechenden Centralpartie bedeckt.

Die Choroidea ist eine 0,06—0,16 Mm. dicke, gefässreiche Membran. An der Eintrittsstelle des Optikus hängt sie fester mit der Sklerotica zusammen, ebenso vorne an der Grenze der Sclerotica und Hornhaut, wo sich die Sehne des Ciliarmuskels ansetzt. Sonst sind beide Häute nur durch Gefässe und Nerven verbunden. Die Hauptmasse der Choroidea wird aus Gefässen gebildet, welche mit den platten Muskelfasern und Nerven durch ein Stroma getragen werden, das sich durch eine grosse Anzahl feiner verästelter, unter einander anastomosirender Pigmentzellen charakterisirt, welche in ein dichtes Netz verästelter Fasern eingelagert sind. Auch Wässerchen sollen vorkommen (WAXOFF). Die äussere der Sclerotica zugewendete Fläche ist eine Pigmentschichte, Lamina fusca; an der Uebergangsstelle der Choroidea zur Iris, wo sie sich mit der Sclerotica verbinden, umkreist die Membran eine ringförmige graue, 3—4 Mm. breite Verdickung der Ciliarmuskeln, die Retina zu ist die Choroidea durch eine Glashaut, Lamina vitrea, abgegrenzt, an welchem die Pigmentschichte der Retina so fest ansitzt, dass sie abgetrennt werden kann, in welchen eine Trennung beider Häute leichter ausführbar ist. mässig an der Choroidea hängen bleibt, was früher Veranlassung gab, die innere Pigmentschichte der Choroidea zu beschreiben. Das Gewebe der Choroidea selbst zerfällt in zwei Schichten, in die innere Membrana choriocapillaris, die äussere Schichte der gröberen Gefässe, welche sich durch das Vorhandensein der Venae vorticosae, fünf bis sechs quirlförmig sich vereinigender Venen

zeichnet. Die untere Fläche der Choroiden zeigt in ihrem vorderen Abschnitt einen Kranz von meridional gerichteten Falten, durch tiefe Furchen von diesen getrennt, die Ciliarfortsätze, *Processus ciliares*, 70—80 an Zahl (Fig.

Sie erheben sich gegen die Iris zu, erreichen ihre grösste Höhe in der Gegend des inneren Linsenrandes und fallen dann steil gegen die Iris ab, auf deren Hinterfläche meistens als geringe Erhebungen sich fortsetzen. Sie werden der Hauptfläche der Choroiden durch ein Convolut von Gefässstämmen gebildet. Der gezackte Saum, mit dem sich die Ciliarfortsätze im Ganzen von dem glatten Theil der Choroiden trennen, kann als *Ora serrata Choroiden* bezeichnet werden. Der ganze vordere Theil der Choroiden von der *Ora serrata* an, mit Ciliarfortsätzen und Ciliarmuskel, wird als *Corpus ciliare* bezeichnet.

Von der *Ora serrata* an verbinden sich Choroiden und Netzhaut noch inniger. Die Zunahme der Pigmentschichte, welche auf dem hinteren Abschnitte der Choroiden nur eine einfache, auf ihrem Ciliartheil dagegen eine mehrfache Lage bildet. Die *Membrana choriocapillaris* erstreckt sich nur bis zur *Ora serrata*.

Sehr bemerkenswerth erscheinen die in der Choroiden vorkommenden glatten Muskelfasern. H. MÜLLER fand im hinteren Abschnitte der Choroiden an Stellen der *Arteriae ciliares breves* längsgerichtete Bündel glatter Muskelfasern, individuell verschiedener Anzahl, ähnliche dünne Bündel finden sich auch frei zwischen den Gefässen zerstreut. Die Hauptansammlung glatter Muskelfasern findet sich im Ciliarmuskel, dem Brücke'schen Muskel, *Tensor ciliaris* (H. MÜLLER, IWANOFF). Auf Durchschnitten zeigt dieses für die Funktion des Auges äusserst wichtige Organ eine dreiseitige Gestalt, die Spitze nach unten gekehrt. Aus seiner Verbindung ausgelöst würde er sich also als ein kleines, 0,8 Mm. dickes, zu einem Ring zusammengebogenes Prisma darstellen lassen. Die Fasern des Muskels entspringen alle mit einer ringförmigen Sehne, einem, plattenförmig ausgebreitetem Bindegewebe bestehend, von der inneren Wand des SCHLEMM'schen Kanals.

Der elastische und sehnige Ciliarmuskel verbindet die Wand der Kammer mit der Wand der Netzhaut, die Sehnenfasern gehen theilweise in das Cornealepithel über. Die vordere Seite des Muskels ist teilweise der innere vordere Winkel des Muskels wird von einer ziemlich dicken, ringförmigen Sehne gebildet, die den ganzen Muskel verlaufend in Muskelbündeln gebildet, die als selbständiger Muskel angesehen werden können: H. Müller'scher Muskel. Der grösste Theil der Muskelfasern zeigt eine meridionale, der Richtung der Ciliarfortsätze entsprechenden Orientierung. Die tieferliegenden Bündel zeigen eine ringförmige Orientierung von ihrem Ursprung aus strahlenförmig und

Fig. 200.



Durchschnitt der Ciliargegend eines Menschenauges. *a* Meridionale Muskelbündel des *Musc. ciliaris*. *b* Tiefere strahlenförmig verlaufende Bündel. *c c c* Cirkuläres Geflecht. *d* Müller'scher Ringmuskel. *f* Muskelplatte an der hinteren Irisfläche. *g* Muskelplexus am Ciliarrand der Iris. *e* Ringförmige Sehne des *Musc. ciliaris*. *A* Ligamentum pectinatum.



anastomosiren häufig unter einander. Nachdem sie an die innere Seite sind, wird ihre Richtung cirkulär, und sie bilden auf diese Weise längs der inneren Muskeloberfläche ein dichtes cirkuläres Fasergeläch (Iwanoff). Die meridional verlaufenden Bündel endigen zum Theil etwa 3 mm vom Ursprung des Muskels im geschlossenen, nach hinten konvexen, durch die mose entstandenen Schlingen. Ein anderer Theil behält seine Richtung, verliert sich endlich im Stroma der Choroidea, am weitesten kann man den Verlauf zu den Seiten der langen Ciliararterien verfolgen. Innervirt wird der Muskel vom Okulomotorius aus.

Auf die Funktion des Brücke'schen Muskels kann erst weiter unten (Abschnitt 4) eingegangen werden. Iwanoff beschreibt sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten seiner Entwicklung. Bei Weitsichtigen sind vor allem die cirkulären Fasern im vorderen Abschnitt, der MÜLLER'sche Muskel, entwickelt, der Muskel ist im Ganzen und nicht unbedeutend nach vorne zu verschoben. Bei Kurzsichtigen sind die sternförmigen Bündel sehr schwach entwickelt, der Muskel zeigt vorwiegend mehr strahlige Bündel wodurch sein vorderer Theil nach rückwärts gedrängt, der hintere länger erscheint.

**Die Iris,** Regenbogenhaut, liegt als optische Blendung auf der Vorderfläche der Linse auf, sodass Lichtstrahlen nur durch den centralen Apertur der Linse, welcher von der Iris (Pupille) in wechselndem Umfang unbedeckt einfallen können. Vom Ciliarrande der Iris, mit welchem sie am Ciliarkörper und gemeinschaftlich mit dem Ciliarmuskel an dem elastischen Ring der Wand des SCHLEMM'schen Kanals befestigt ist (S. 712), treten 5—6 konzentrisch auf der äusseren Oberfläche verlaufende Fältchen ab; in der Nähe des Pupillarrandes zeigt sich dagegen die Irisoberfläche mit einer grösseren Anzahl strahlförmig zusammengelegter Fältchen besetzt. Schon oben wurde erwähnt, dass die Iris frei durch die wässrige Feuchtigkeit verlaufendes Netzwerk elastischer Fasern, das Ligamentum iridis pectinatum, die Descemetische Haut mit der Iris verbunden ist, und dass mit geringen Modifikationen der Zellen auch ihr hintere die Vorderfläche der Iris sich fortsetzt. Auf der Hinterfläche der Iris liegt die dicke Pigmentschichte, Uvea, auf, welche die Pupille mit einem feinen, durchsichtigen Bande einsäumt und nach hinten in das Pigment des Ciliarkörpers übergeht. Im Stroma der Iris setzt sich aus Bindegewebsfibrillen und sternförmig und anastomosirenden Zellen zusammen. Letztere sind in schwarzen Augen pigmentirt, in hellen Augen aber pigmentfrei. Ausserdem kommen auch noch runde, den Lymphkörpern ähnliche Zellen vor, die sich in dunklen Augen auch pigmentirt zeigen können. Die dunkle Farbe der Iris ruht von den Pigmentzellen im Innern des Stromas her; befindet sich nur auf der Rückseite der Pigmentschichte, so erscheint die Iris als ein trübes Medium vor einem hellen Hintergrunde blau. In das Stroma sind Nerven, Blutgefässe und namenshaft die cirkuläre Muskelfasern eingelagert, welche die Bewegung der Pupille bewirken; man pflegt sie als zwei Muskeln zu beschreiben.

Der Ringmuskel der Pupille, *M. Sphincter Papillae* vom *Okulomotorius* innervirt, umkreist in konzentrischen Ringen den Pupillarrand in einer Breite von 1 mm., seine Kontraktion verengt die Pupille. Er liegt unmittelbar unter der Uvea, hinter der Hauptmasse der zum Pupillarrand verlaufenden Gefässe und Nerven. Der Erweiterer der Pupille, *M.*

lae, vom Sympathikus innervirt, bildet in seiner Hauptmasse eine zusammenhängende, die ganze Rückfläche der Iris überziehende Muskelplatte aus regelmäßig neben einander, strahlenförmig vom Pupillarrande zum Ciliarrande verlaufenden Fasern. Am Pupillarrande bildet seinen Anfang eine Anzahl bogenförmig verflochtener Bündel, welche theils im Innern des Sphinkter, theils an seiner Rückfläche zwischen ihm und der Pigmentschichte gelagert sind. Der Ciliarrand der Iris wird von seinen sich hier theilweise verflechtenden Fasern ringförmig umfasst (HENLE, JEROPHEEP, IWANOFF).

Die Nerven der Choroidea, Nervi ciliares, entstammen den Nn. Oculomotorius, trochlearis und Sympathikus. Die zwei, seltener drei Nervi ciliares longi kommen vom Nn. nasolacrimalis trigemini, die 14—18 Nervi ciliares breves kommen aus dem Ganglion ciliare. Beide durchbohren die Sclerotica nahe der Eintrittsstelle des Nervus opticus und verlaufen auf der äusseren Oberfläche der Choroidea, nachdem sie an deren hinteren Abtheilung, wahrscheinlich zu dessen Muskelbündeln, eine Anzahl von Aestchen abgegeben haben, nach vorne zum Ciliarmuskel, auf welchem sie unter gabelförmiger Theilung ein feines Nervengeflecht bilden (IWANOFF), in welchem H. MÜLLER Ganglienzellen fand. Auch die Nerven der Iris (ARNOLD) sind Aeste der Ciliarnerven der Choroidea. Sie bilden, nachdem sie sich in dem äusseren Irisabschnitt dichotomisch getheilt haben, Bogen und zertheilen dann in ein Netz von mittelstarken Nervenästen, welche hierbei einen, an die Fasertheilung im Chiasma nervorum opticorum erinnernden, Faseraustausch erkennen lassen.

Die Blutgefässe der Tunica vasculosa, sind für die eigentliche Choroidea die hinteren Ciliararterien; Ciliarkörper und Iris werden von den langen, hinteren und den vorderen Ciliararterien versorgt, sie senden aber auch eine Anzahl häufiger Zweige zur Verbindung mit dem Verbreitungsgebiet der hinteren Ciliararterien. Der grösste Theil des Venenblutes der gesamten Tunica vasculosa hat einen gemeinsamen Abfluss durch die Venae vorticosae, und nur ein Theil des Blutes des Ciliarmuskels fließt sich nach aussen durch die kleinen vorderen Ciliarvenen (TU. LEDER).

Die beiden Arteriae ciliares posteriores longae verlaufen unter der Sclerotica, ohne Verästelungen abzugeben, nach vorne zum Ciliarmuskel, theilen sich hier gabelig in zwei Aeste, welche die Substanz des Muskels durchbohren und an seinem vorderen Ende ganz in die gleiche Richtung umbiegen, sodass die beiden Aeste jeder Arterie einander im Umfange des Auges entgegenlaufen, hierdurch entsteht ein am vorderen Rande des Muskels gelegener Arterienkranz, in welchen auch Aeste der vorderen Ciliararterien eintreten: Circulus arterialis iridis major, welcher besonders die Iris und die Ciliarfortsätze versorgt. Die Arterien beider müssen also sämmtlich vorher den Ciliarmuskel durchsetzen. Die Arterien der Ciliarfortsätze sind kleine Aeste, welche sich rasch in viele unter einander anastomosirende Zweige auflösen, die sich allmählich erweitern und in die Anfänge der Venen übergehen. Diese kapillaren Venen bilden als ein anastomosirendes Gefässnetz die Hauptmasse der Ciliarfortsätze. Die Arterien der Iris bilden nahe dem Pupillarrande einen Kranz von Anastomosen: Circulus iridis minor.

**Lage der Iris im Auge.** Von dem Ligamentum iridis pectinatum an legt sich bis zum vorderen Rande die Iris genau an die vordere Fläche der Linse an, wodurch die Linse nicht nach vorne gewölbt wird. Durch die Wirkung der Strahlenbrechung erscheint die Iris bei der gewöhnlichen Betrachtung des Auges zu weit nach vorne gerückt, der Hornhaut näher, als sie es wirklich ist. Bei Untersuchung des Auges unter Wasser fällt die Strahlenbrechung fast vollkommen weg. CZERMAK konstruirte ein an das lebende Auge anlegendes Wassergefäss mit Glaswänden: Orthoskop, mittelst welchem man die relative Lage der Iris zur Hornhaut beobachten kann. Von der Seite gesehen erscheint dann die Hornhaut als eine durchsichtige, stark gewölbte Blase, die Iris tritt als ein fast ebener Vorhang von ihr zurück.



HELMHOLTZ führte den Beweis, dass der Irisrand der Linse dicht anliegt, dass die wahre hintere Augenkammer existiert, dadurch, dass bei starker Beleuchtung durch mittelst konzentrierten Lichtes (durch eine Sammellinse) die Iris keinen Schatten auf die Linse wirft, wie es der Fall sein müsste, wenn ein Zwischenraum zwischen beiden vorhanden wäre. Bei diesem Experimente kommt die richtige Lage und das Relief ebenfalls zur Beobachtung. Die Iris zeigt mehr oder weniger Erhabenheiten (Papillen), meist umkreist sehr deutlich den Pupillarrand als eine Erhebung der *Circulus Iridis minor*.

Kennt man den Krümmungsradius im Scheitel der Hornhaut, so kann man die Entfernung der Pupillarebene von dem Hornhautscheitel am lebenden Auge bestimmen, indem man die scheinbare Lage der Iris im Verhältniss zur scheinbaren Lage eines von der Hornhaut gespiegelten Lichtpunktes bestimmt. Mit Verwendung des Ophthalmometers. HELMHOLTZ hierfür an den drei oben schon erwähnten Augen (S. 743) folgende Millimeter:

		I.	II.
Abstand der Pupillarebene vom Hornhautscheitel . .	scheinbar	3,455	3,045
	wirklich	4,024	3,220
Abstand des Mittelpunktes der Pupille von der Hornhautaxe nach der Nasenseite	scheinbar	0,037	0,381
	wirklich	0,033	0,311

### Nervöser Einfluss auf die Pupille.

Der Schliessmuskel der Pupille wird vom Okulomotorius, der Erweiterer vom Sympathikus innerviert. Normal zeigen beide Nerven und Muskeln stets einen gegenseitig paralysirenden Erregungszustand (Tonus); wird der eine der beiden z. B. durch Durchschneidung seines Nerven gelähmt, so überwiegt nun die Wirkung des andern Muskels. Nach Durchschneidung des Sympathikus am Halse ist der Okulomotorius gelähmt, es verengt sich in Folge davon die Pupille, umgekehrt bewirkt eine Durchschneidung des Okulomotorius und Lähmung des Sphinkter Pupillarerweiterung. Bei gleich starker Reizung überwiegt die Wirkung des Ringmuskels, die Pupille verengt sich. Die zum Ringmuskel gelangenden Okulomotoriusfasern verlaufen durch das Ganglion ciliare. Die sympathischen Fasern des Pupillenerweiterers entspringen im Rückenmark in den Tractus cilio-spinales (BUDGE), in der Höhe der unteren Halswirbel und der oberen Brustwirbel. Experimentell erzeugte und pathologische Reizzustände dieser Rückenmarkspartie bewirken die Pupille. Nach SALKOWSKI soll dagegen das eigentliche Centrum der Pupillenerweiterung höher, wahrscheinlich in der Medulla oblongata, liegen. Am Kopfe verlaufen die Pupillen erweiternden Fasern mit dem Nervus Trigeminus, seine Reizung erweitert die Pupille, und seine Durchschneidung macht die Wirkung der Sympathikusreizung überwiegen. Manche Autoren schreiben aber dem Trigeminus, gegen die gegentheilige Angabe von GASSERI, auch selbständige, Pupillen erweiternde Fasern zu, deren Ursprung beim Frosch in der Gasser'schen Ganglion (GASSERI, ROSENTHAL u. A.).

Beide Pupillen sind normal stets gleich weit (DOKDERS). Reizung der Bulbi durch den Optikus verengt die Pupille. Je intensiver der Reiz, z. B. der Lichtreiz ist, desto mehr verengt sich die Pupille, um so enger wird die Pupille, wodurch die in den Augengrund eindringende Lichtmenge reguliert wird. Die Verengerung tritt auch nach Reizung des Optikus durch elektrische Ströme (MAYO). Die Ursache dieser Pupillenverengerung ist eine reflektorische Erregung des Okulomotorius, nach Durchschneidung desselben ist die Reizung des Optikus ohne Wirkung. Reizung eines Optikusstammes werden beide Pupillen verengt.

Drehung des Augapfels nach innen bewirkt Pupillenverengerung. Bei Schielen, wenn die Augen nach innen und oben gedreht sind, ist daher die Pupille verengt. Bei der normalen (und krampfhaften durch Gifte (Kalechorböhne) bewirkten) Akkommodation

ist die Pupille verengert. In beiden Fällen wird die Pupillenverengung durch des Okulomotorius bewirkt. Eine gesteigerte Blutzufuhr zur Iris scheint die zu verengern, man bezieht darauf auch die geringen Schwankungen in der Pupillengröße dem Pulse. Bei Abfluss des Humor aqueus tritt vielleicht auch aus diesem Grunde die Pupillenverengung ein (HENSEN und VOLCKERS).

Die Pupillenerweiterung existiert in der Dyspnoe, erzeugt durch Reizung des Centrum oculomotorii, da sie nach vorhergehender Durchschneidung des Sympathikus ausbleibt. In der Asphyxie verschwindet sie. Auch starke Erregung sensibler Nerven (BERNARD, WESTERMARK) wie Muskelanstrengungen, vor allem starke Athembewegungen erweitern die Pupille (VIGOUROUX).

Die Wirkung einer Anzahl von Giften zeigt bei örtlicher Anwendung oder bei Einführung in das Auge eine deutliche Einwirkung auf die Pupille. Atropin bewirkt durch Lähmung der Dilator-Endigungen im Ringmuskel eine Erweiterung der Pupille. Hat man durch Injektion von Atropin die Pupille nur des einen Auges erweitert, so erscheint die Pupille des anderen Auges gleichzeitig verengt. In das atropinisirte Auge fällt eine gesteigerte Lichtmenge ein, welche die gesetzte gesteigerte Reizung seines Optikus resp. seiner Netzhaut, die sich bei der Pupillenerweiterung geltend machen kann, theilweise aufhebt, nach dem oben Gesagten doch in dem anderen Auge geltend machen kann. Durch Nikotin, Kalabor, Morphin, etc. wird die Pupille verengert. Man ist noch über die Ursache, ob durch Lähmung der Sympathikusenden im Dilator-Ende (HRSCHMANN), oder durch Reizung des Okulomotorius (GRONHAGEN). Während der Atropinwirkung bleibt die Reizung des Sympathikus erfolglos. Die Atropinwirkung tritt nach der Durchschneidung des Ganglion ciliare noch ein (HENSEN). Die Anästhetika Chloroform, Aether, Alkohol verengern zuerst und erweitern dann die Pupille.

### Die Retina.

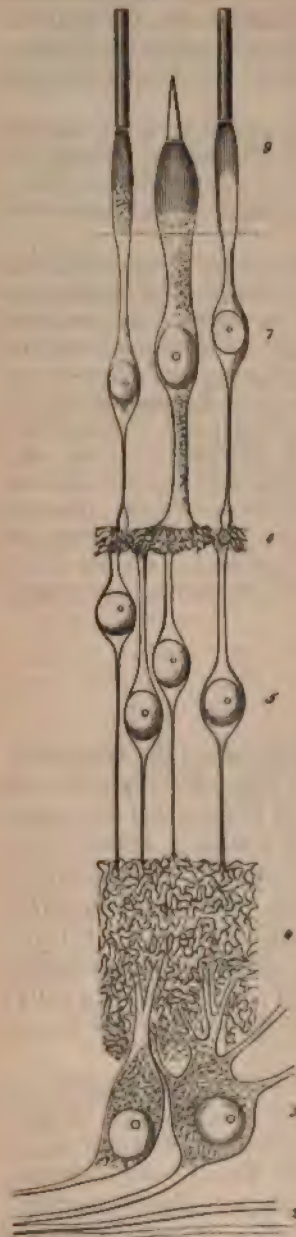
Die Retina, Netzhaut, ist die flächenhafte Ausbreitung des Sehnerven. Im Leben ist sie durchsichtig, nimmt sie nach dem Tode ein weissliches und gelbliches Ansehen an. Am dicksten (0,22 Mm.) ist sie im Hintergrund des Auges, am dünnsten am gelben Fleck, sie verdünnt sich bis zur Ora serrata (0,09 Mm.), verliert ihre nervöse Beschaffenheit und verbindet sich von hier an innig mit der Sklera und der Glashaut des Glaskörpers unter dem Namen der Pars ciliaris. In der Tiefe des Auges, etwas nach innen, zeigt sich die Eintrittsstelle des Optikus als weisse, central von Gefässen durchsetzte Kreisscheibe. Nach aussen, d. h. nach der Schläfenseite hinüber, zeigt sich als gelber Fleck die Macula lutea Retinae mit der Fovea centralis, die Stelle des deutlichen Sehens (Fig. 198).

Die Netzhaut besteht aus Nervenfasern, in deren Verlauf Nervenzellen von verschiedener Form (grössere Ganglienzellen und kleinere sogenannte Körner) liegen. Das peripherische Ende der Nervenfasern ist durch eigene Endapparate, die Stäbchen und Zapfen der Retina, ausgezeichnet, welche in einer Schicht neben einander stehend von pigmentirten Scheiden einer Pigmentepithelschicht umgeben sind. Die nervösen Elemente sind in ein spongiöses Gewebe eingebettet, welches Aehnlichkeit mit dem der nervösen Elemente zeigt, in ihm finden sich Blut- und wahrscheinlich auch Lymphgefässe.

Verschiedene nervöse Gewebelemente (M. SCHULTZE) sind in der Netzhaut, theilweise, parallel zur Oberfläche derselben gelagert (Fig. 201).



Fig. 201.



Schematische Darstellung der Netzhautschichten und des Zusammenhangs der Nervenfasern in der Netzhaut. 2 Optikusfasern, 3 Ganglienzellen, 4 innere granulirte, 5 äussere Körnerschicht, 6 äussere granulirte, 7 äussere Körnerschicht, 9 Stäbchen und Zapfen.

Die innerste, dem Glaskörper erste Schichte bildet die Grenzschiebtalbinde substanz, die Membrana limitans.

Die zweite Schichte ist die Schichte der Optikusfasern. Die Fasern verbreitern sich etwas kraterförmig vertieften Enden aus radial über die Netzhaut, indem sie den gelben Fleck umgehen. Sie sind von verschiedener Dicke, von noch weniger als bis zu 3—5 Mik. Alle neigen beim Abgang von der Netzhaut zur Bildung perlchnurartiger Varikositäten. Die Axencylinder ohne Markhülle zu der Ora serrata zu wird ihre Schichte gebildet.

Die dritte, oder die Schichte der Ganglienzellen wird von einer, an den Netzhautzellen einfachen Lage von verschiedenen Ganglienzellen gebildet. In der Umgebung des gelben Flecks liegen zwei bis drei, in dem Bereich des gelben Flecks eine grössere Anzahl über einander. Die Dicke schwankt von 15—30 Mik. und mehr. Das Aussehen der Ganglienzellen der Netzhaut ist das von den Ganglienzellen der Netzhaut. Die Fortsätze dieser Zellen stimmen mit dem Aussehen der Fasern der Optikusfasern ganz überein, und es lässt sich in Vertheilung der Lagerungsverhältnisse der Zellfortsätze in der Faserschichte nicht an einem direkten Zusammenhang von Nervenfasern in die Zellen zweifeln. Ob alle Fasern in die Zellen eintreten, ist nicht entschieden.

Die vierte, 0,3—0,4 Mill. dicke Schichte ist die innere granulirte Schichte. Die Fasern der Bindegewebe, die in der Bindegewebe der Netzhaut angehören, sind verschwindend dünne, oft verschlungene Nervenfasern eingelagert. Die dickeren Ganglienzellenausläufer ragen in die innere granulirte Schichte herein. Sie gehen zum Theil über feine Fäserchen über, am gelben Fleck scheinen auch dickere Fasern bis in die Körnerschichte vorzudringen (Kölliker, Merkel).

Die fünfte Schichte ist die Schichte der Körner. Diese Körner sind von verschiedener Grösse, sie gehören zum Theil dem Bindegewebe an, zum Theil stehen sie aber mit wahren, meist auslaufenden Nervenfasern in Verbindung. Es sind etwas verschieden grossen Körner.

im Ganglienzellen vergleichbar. Der von unten her an sie herantretende Ast soll wenigstens in der Macula lutea dünner sein, als der oben abtretende, welcher bei allen fadenförmigen Fortsätzen in der Retina wiederholt. Mennel, dass das Protoplasma der Körner gering, der Kern verhältnissmässig sehr gross.

Die sechste Schichte ist die etwa 10 Mik. dicke äussere granulirte Schichte (Henle'sche Zwischenkörnerschichte), welche die innere Körnerschichte von der äusseren Körnerschichte trennt. Das granulirte Aussehen, das sie mit der dickeren inneren granulirten Schichte gemeinsam zeigt, rührt von der welligen Grundlage her, in welcher ebenfalls ausserordentlich feine Nervenfasern schieb oder der Fläche der Retina parallel verlaufen. Die Fasern setzen sich theils aus den peripherischen Fortsätzen der inneren Körner, theils aus Stäbchen- und Zapfenfasern.

Die siebente Schichte ist die äussere Körnerschichte. Die äusseren körnigen Anschwellungen der von den Stäbchen und Zapfen gegen die granulirte Schichte verlaufenden Fasern, der sogenannten Stäbchen- und Zapfenfasern.

Die achte Schichte ist die der Limitans interna analoge Limitans externa. Sie tritt an Netzhautquerschnitten als eine scharfe Grenzlinie die äussere Körnerschichte von der neunten Schichte, der Stäbchen- und Zapfenschichte, ab. Die Stäbchen sind cylindrisch 50—60 Mik. lang und 2 Mik. dick. Sie stehen dicht an einander, sodass kaum mehr Zwischenraum zwischen ihnen bleibt. Ihre cylindrische Gestalt bedingt ist. In ziemlich regelmässigen Abständen in dem peripherischen Theile der Netzhaut zwischen ihnen. In der Mitte, meist so, dass der gerade Abstand zweier Zapfen von 4—5 Stäbchen gefüllt ist. Die Dicke der Zapfen an der Basis beträgt hier zwischen 4—7 Mik. Nach aussen verdicken sie sich oft noch ein wenig, verschmälern sich nach innen und gehen in eine konische Spitze aus. Die Zapfen sind kürzer als die Stäbchen, beide verkürzen sich etwas gegen die Ora serrata zu. Sowohl Stäbchen als Zapfen unterscheidet man nach W. Kautz in Aussenglied und Innenglied. Das Aussenglied ist bei beiden Formen durch ein stärkeres Lichtvermögen ausgezeichnet. Die Grenze zwischen dem Aussenglied und dem Innenglied liegt bei Stäbchen in ziemlich gleicher Höhe, während bei den Zapfen die Grenze tiefer liegt, d. h. also weiter nach vorne, da das Innenglied der Zapfen um etwa 6 Mik. kürzer ist, als das Innenglied der Stäbchen. Das Aussenglied der Zapfen ist durchschnittlich kürzer als das der Stäbchen. Die zehnte und letzte Schichte der Retina bildet die Schichte des Pigmentepithels, welche bisher als innere Pigmentsehichte der Choroidea bezeichnet wurde. Die Entwicklungsgeschichte und Funktion weist sie zur Retina. Das Pigmentepithel besteht aus regelmässig schwebenden Zellen. Der äussere, der Choroidea grenzende, meist den kugeligen Kern enthaltende Theil jeder Zelle ist der Stiel oder sogar farblos, der innere Zellabschnitt, der sich mit dem Pigmentepithel ausfüllt, enthält viele äusserst vergängliche Pigmente. Zwischen den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen und zwischen den Innengliedern mit pigmentirten Stielen. Diese Fortsätze der Pigmentzellen enden an ihrem Ende in runden, oft ganz farblosen feinen Fortsätzen, welche die Grenze zwischen dem Aussenglied und Innenglied bilden. (v. Kries).



Die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen (M. SCHULTZ) lassen eine feine Querstreifung erkennen und zerfallen durch Quellung in feine Querscheitel, die bei den Zapfen etwas dicker sind als bei den Stäbchen. Auch eine Längsstreifung

Fig. 203.



Zellen der Pigmentschicht der Netzhaut des Menschen. a von der Fläche gesehen im Zusammenhange, b von der Seite gesehen mit den langen haarförmigen, theils pigmentirten, theils pigmentfreien Fortsätzen, c ebenso von der Seite gesehen, in welcher Aussenglieder von Stäbchen befestigt sind.

sich an den Aussengliedern (HENSEN). Nach ZENKER'S Beobachtung besteht ein Unterschied zwischen dem Brechungsindex der Mantelfläche und des Inneren der Stäbchen, er wird angedeutet zwischen 1,33 bis 1,5, W. KRAUSE von 1,45 bis 1,47. Auch die inneren Glieder der Stäbchen und Zapfen zeigen eine oberflächliche Längsstreifung, welche vom Bindegewebe angehörenden Faserhülle herrührt, welche die Stäbchen und Zapfen (cf. unten). Der obere Theil der Innenglieder, sowohl der Zapfen als der Stäbchen, durch eine dichte Masse feinsten, in der Längsrichtung verlaufender Fibrillen, welche die Limitans externa erreichen, scharf abgegrenzt endigen. Die Zapfenfasern, wie auch die Stäbchenfasern, zeigen wie dicke Axencylinder eine feine Längsstreifung.

Die stützende Binde-substanz der Netzhaut, welche mit der des Sehnerven in Verbindung steht, umhüllt als Gerüste die eingelagerten nervösen Elemente. Denken wir uns diesen weg, oder, was theilweise möglich ist, entfernen wir sie künstlich, so bleibt ein mehr oder weniger unregelmässig gestaltete Gerüstmaschen zurück, entsprechend der Anordnung der die Netzhautschichten bildenden nervösen Elemente auch verschiedene bildend. Im Allgemeinen besteht die Binde-substanz aus Fasern und Membranen. Man unterscheidet zunächst die beiden obengenannten Grenzmembranen. Zwischen der Limitans interna und externa stehen, wie die Säulen zwischen Fussboden und Decke (M. SCHULTZ), radiale Faserzüge, die bindegewebigen Stützfasern, welche, je nach den Schichten der Netzhaut wechselnd, durch ein groberes oder feineres, an das Gewebe eines Sehnerven erinnerndes Maschennetz, seitlich mit einander verbunden werden. In der inneren Schicht enthält die grösste Anzahl der Stützfasern einen ovalen Kern mit dem das körnerchen eingelagert, es ist das die oben erwähnte zweite Art von Körnern der inneren Körnerschichte. Die Limitans externa ist keine isolirbare Membran, sondern das Innigste, wie auch die Limitans interna mit der gesamten Binde-substanz der Netzhaut zusammen. Ueber die Limitans externa ragt eine Unzahl feiner bindegewebiger Fortsätze heraus, welche als »Faserkörbe« die Stäbchen und Zapfen von unten her umfassen und die oberflächliche Längsstreifung derselben veranlassen (M. SCHULTZ).

**Macula lutea und Fovea centralis.** Der Ort des direkten Sehens, der Fleck mit der Centralgrube, ist durch eine gelbe Färbung ausgezeichnet, welche rührt von einem diffusen, die Durchsichtigkeit im Allgemeinen nicht beeinträchtigenden gelben Farbstoffe her, welcher mit Ausnahme der Stäbchen- und Zapfen- und der äusseren Körnerschichte in allen Schichten verbreitet ist. Auf der dem Glaskörper zugewendeten Fläche vertieft sich die Macula lutea zu der Fovea centralis, hier ist der Farbstoff am intensivsten. Die Netzhaut ist am gelbsten

n, obwohl hier die Binde-substanz an Mächtigkeit abnimmt und die Nerven- als zusammenhängende Schichte fehlen. Am anscheinlichsten verdickt ist die Schichte der Ganglienzellen und die innere, nur Fasern enthaltende Schichte der äusseren Körnerschichte. Schon in der Umgebung des gelben Flecks werden die Stäbchen zwischen den Zapfen immer seltener, der gelbe Fleck enthält nur Zapfen, welche gegen die Centralgrube zu immer dünner werden. In der Centralgrube, circa 0,2 Mill. Durchmesser, sind sie alle gleich dick und haben nur die Dicke von Stäbchen. Auf dem gelben Fleck stehen die Zapfen in Bogenlinien, welche nach der Centralgrube zu convergiren. Die Länge der Zapfen nimmt mit der Dickenabnahme zu, die Länge der Stäbchen wird der der Zapfen gleich. Die dünnsten Zapfen der Fovea centralis frisch an ihrer Basis im Durchschnitt 3 Mik. (M. SCHULTZE). WELCKER bemerkt ihre Dicke zu 3,1 bis 3,6 Mik., im Mittel zu 3,3. Die langen konischen Zapfen spitzen sich gegen die Choroidea bis auf 4 Mik. und darunter zu, die Stäbchen in Pigmentscheiden, die hier eine besonders dunkle Färbung zeigen.

Die Zapfenfasern verlaufen in dem gelben Fleck nicht mehr radiär zu den Schichten der Netzhaut, sie nehmen schon ausserhalb der Grenze des gelben Flecks eine schiefe, fast horizontale Richtung an. Der Grund dafür liegt darin, dass in der Centralgrube alle Fasern der Netzhaut, mit Ausnahme der Zapfen und der äusseren Körnerschichte (bis auf ein Minimum), schwinden. Die zu den äusseren Körnern gehörigen inneren Fasern und übrigen Netzhautelemente liegen ausserhalb der Centralgrube, ihre Fasern müssen daher, um den Anschluss zu erreichen, einen schiefen Verlauf annehmen. Die Ganglienzellen der Macula sind meist bipolar (MERKEL u. A.); der hier sehr zarten Binde-substanz fehlen die Stückfasern, dagegen ist die Limitans interna in der Macula anscheinlich verdickt, in der Centralgrube verdünnt sie sich wieder bedeutend. SCHULTZE macht darauf aufmerksam, dass der gelbe Farbstoff der Macula lutea, den hier die zu der Zapfenschicht strebenden Lichtstrahlen durchsetzen müssen, einen kleinen Theil der violetten und blauen Strahlen des Spektrums absorbiert. Er meint, dass eine Zunahme des gelben Pigments Violettblindheit (cf. unten) verursachen könnte. Wirklich finden sich individuelle Schwankungen in der Intensität des Farbstoffes, die bei dunklen Augen bedeutender ist als bei blauen. Der Farbstoff des Blutes in dem ziemlich engen Kapillarnetze der ganzen Netzhaut, scheint nach M. SCHULTZE auf das eingehende Licht eine analoge Wirkung auszuüben, er glaubt, dass trotz der Lücken in dem Kapillarnetze diese Wirkung zur Geltung komme, sodass Veränderungen im Blute, wie sein Absorptionsvermögen für gewisse Lichtstrahlen verändern (z. B. bei Santonin-Vergiftung), auch ungewohnte Farbenwahrnehmungen bedingen könnten.

In der Ora serrata schwinden die nervösen Netzhautbestandtheile mehr und mehr, während das Bindegewebe mit den Stützfasern und dem spongiösen Netze die Hauptmasse der Netzhaut darstellt. Die Netzhautschichten verdünnen sich und verlieren ihre specifischen Eigenschaften. Die Stäbchenschichte hört endlich scharf auf, und die übrigen Schichten reduzieren sich auf eine einfache Reihe von Zellen, welche die Pars ciliaris Retinae darstellt. Sie werden eine Fortsetzung des indifferenten Stützgewebes der Netzhaut zu sein, und schliessen ihrer Gestalt nach den Bindegewebszellen an (H. MÜLLER). Im Allgemeinen sind sie langgestreckt, prismatisch und ähneln im Zusammenhange einem hohen Cylinderepithel, ihr vorderes Ende ist glatt abgestutzt, nach hinten endigen sie unregelmässig, öfters verästelt, (SCHULTZE). Auch die Limitans setzt sich fort.

Die Gefässe der Netzhaut: Arteria und Vena centralis Retinae, treten durch die Axe des Sehnervs in die Netzhaut ein und verästeln sich von der Eintrittsstelle aus baumförmig in allen Richtungen. Anfangs ist ihre Lage nahe unter der Grenzmembran in der Schichte der Nervenfasern, später dringen sie auch zwischen die Nervenzellen und die fein gra-



nulirte Schichte ein, wo sie sich zu einem weitmaschigen Kapillarnetz vereinigt. Der gelbe Fleck treten keine grösseren Gefässe, die Netzhautgrube hat nicht die Gefässe, sie ist von einem Kranz kapillarer Endschlingen umgeben.

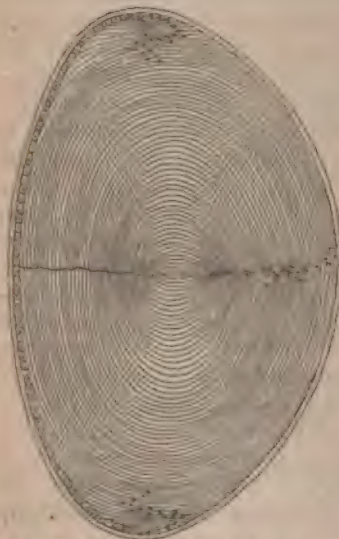
Die Durchmesser der wichtigsten Netzhautelemente nach Mm. Nach den Messungen von C. KRAUSE, E. H. WEDER, BRÜCKE, KÖLLIKER, VINTSCHGAU, M. SCHULTZE. Die Durchmesser der Stäbchen und Zapfen cf. oben. Durchmesser der Eintrittsstelle des Sehnervs 2,7; Durchmesser des Gefässstranges darin 0,63=0,7; Entfernung der Mitte des Sehnervs von der Mitte des gelben Flecks 2,25—3,8; horizontaler Durchmesser des Sehnervs 2,25—3,27; Vertikaler 0,84; Durchmesser der Netzhautgrube 0,18—0,22; Netzhaut am Umfange des Sehnervs 0,22, am Aequator 0,084, am vorderen Pol 0,043, Dicke der Schichten am gelben Fleck. Nervenzellen 0,401—0,417, feine Körnerschicht 0,043, innere Körnerschicht 0,058, Zwischenkörnerschicht 0,086, äussere Körnerschicht 0,058, Zapfenschicht 0,067; Durchmesser der Nervenzellen 0,009—0,022, 0,004—0,009. Ein Mik. = 0,001 Mm.

### Die Krystalllinse.

Die Krystalllinse stellt, wie ihr Name sagt, eine durchsichtige, farblose Linse dar, deren hintere Fläche stärker als die vordere gewölbt ist. Der Körper der Linse wird von einer glatten, strukturlosen, glashellen, durchsichtigen Hülle, der Linsenkapsel umschlossen, deren vordere Hälfte dicker als die hintere.

Die eigentliche Linsensubstanz zeigt in den äusseren Schichten eine fast gallertartige Konsistenz, die inneren Schichten, der Linsenkerne, eine festerere.

Fig. 203.



Meridionaler Schnitt durch die Ase der Menschenlinse.

Die frische Linse ist sehr weich und giebt jeder äusseren Gewalt leicht nach, kehrt schnell und vollkommen in ihre ursprüngliche Form zurück. Unter der vorderen Fläche der Linsenkapsel (KÖLLIKER, BARTSCH) liegt im Epithel eine bis gegen den Linsenrand hinaufreichende Schichte polare Zellen. Sie sind auf der Vorderfläche der Linse flach, glasartig durchsichtig und bilden eine frisch vollkommen strukturlose Masse. Die Masse der Linse besteht aus denselben Fasern. Diese sind nichts anderes als in die Länge ausgezogene, metamorphosierte Zellen der eben beschriebenen Zellen. Die Zellen verlängern sich zuerst in der Richtung des Linsenrandes, weiterhin wächst die Faser fort und fort, und sie gehen aus der radialen in eine schräge Stellung über. Am vorderen Ende biegen sich nach außen die Schichten der inneren Epithelschicht.

In den tieferen Linsenpartien liegen sich die Fasern zu konzentrischen Schichten an.

Welche sich wie die Schalen der Zwiebel einander decken, die Enden der Fasern stossen mit den von der entgegengesetzten Seite herkommenden in der Mitte zusammen.

Bei dem Menschen umgreifen die Fasern immer nur einen Theil der Linse, so, dass die Nähte eine Art Stern darstellen, welcher in der Linse des Neugeborenen und im Linsen-erwachsenen drei ausgezeichnete Strahlen lässt, welche mit einander Winkel machen. Der Stern der hinteren Fläche der vorderen um  $60^\circ$  gedreht. In den Schichten spalten sich bei dem Erwachsenen vielfach in Nebenstrahlen, sodass keltere Verhältnisse sich ergeben.

Linsenfasern (Fig. 204) sind lange, dem Querschnitte sechsseitige Bänder, indem die etwas ausgezähnelten Ränder barten Fasern in einander greifen, dicht aneinander. Auf dem Querschnitt beträgt der Durchmesser der Fasern  $0,0056-0,0112$  bis  $0,02$  Mm. Ihre breitere Fläche liegt der Fläche zugewendet. In den äusseren sind die Fasern, die hier noch einen Kern zeigen, weicher, breiter als im Linse.

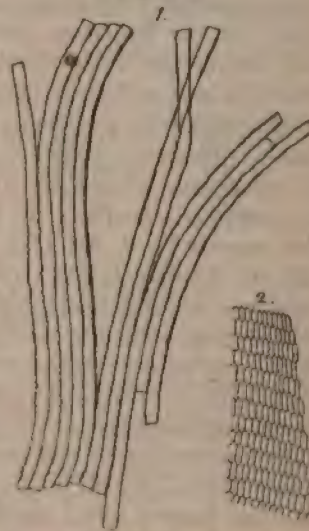
chemischen Bestandtheile der Linse bestehend aus Eiweissstoffen, vor allem Globulin, auch Kalialbuminat und Serumweiß. Ausserdem Cholesterin in Spuren,  $0,5\%$  Aschenbestandtheile und, nach den Schichten verschieden, etwa  $60\%$  Wasser.

Der Bestand der Linse ist doppelbrechend, zwischen gekreuzten Nikols zeigt die Linse ein schwarzes Kreuz mit farbigen Ringen, wie senkrecht zur optischen Achse geschnittene Krystalle.

Die Krümmung der Linse hat HELMHOLTZ mit dem Ophthalmometer in ganz analoger Weise am lebenden Auge bestimmt, wie die Krümmung der Hornhaut. Aus ihren Verbindungen ist das Auge von der Zonula Zinnii, ligamentum suspensorium lentis getrennt, verändert sich die Gestalt, sie wird stärker gekrümmt, dicker, kugelter, zum Beweise, dass die Linse gewöhnlich durch die Zonula von den Flächen her etwas gepresst und abgeflacht ist (cf. unten). Die Resultate der Linsenmessung folgen bei der Lehre von der Accommodation. KRAUSE erklärt nach seinen Messungen an der ausgeschnittenen Linse die vordere Fläche als ein Stück eines abgeplatteten Rotationsellipsoids, die hintere für ein Paraboloid.

Das Ligamentum suspensorium lentis, die Zonula Zinnii, cf. den folgenden Para-

Fig. 204.



Linsenröhren oder Linsenfasern. 1. Vom Ochsen mit leicht zackigen Rändern. 2. Querschnitt der Linsenröhren vom Menschen. 350mal vergr.

### Glaskörper.

Der Raum zwischen Hinterfläche der Linse und Netzhaut wird vom Glaskörper (Vitreum) ausgefüllt, er bildet die Hauptmasse des Augeninhaltes. Im Allgemeinen ist seine Gestalt kugelig, vorne vertieft er sich zur tellerförmigen Grube, in der die Linse von ihrer Kapsel umschlossen, befestigt ist. Von der Papilla optica zur hinteren Fläche der Linsenkapsel verläuft ein 2 Mm. weiter Kanal. Von der Linse bis zu den Firsten der Ciliarfortsätze ist seine Oberfläche



frei und der Zonula Zinnii zugekehrt. Den angenommenen Zwischenraum zwischen diesem freien Theil der Glaskörperoberfläche und der Zonula Zinnii man als PETIT'schen Kanal (cf. Fig. 198, S. 708), welcher den ganzen Aequatorialrand der Linse umgreift (IWANOFF). Der übrige Theil des Glaskörpers wird von der Membrana limitans interna retinae (HENLE, IWANOFF) begrenzt, die ihm bis zur Ora serrata direkt anliegt (Membrana limitans hyaloidea), welche sich zwischen Glaskörper und Grenzhaut, welche auf die Innenfläche der Retinae übergeht, meridional verlaufende Fasern ein, Zonula Zinnii oder Ligamentum suspensorium lentis, welche sowohl mit dem Glaskörper bis zur Ora serrata als mit der Grenzhaut verwachsen sind. STILTING beschreibt die periphere Theil, die Rinde des Glaskörpers, geschichtet wie die centrale Theil, der Kern, homogen erscheint. Gegen die Linse hin schiebt sich die Rindenschichte kontinuierlich, sodass an der Ora serrata der Kern Limitans nur durch eine dünne faserige Lage getrennt wird, die sich in einer tellerförmigen Grube umschlägt und diese bedeckt (IWANOFF), (vordere Fläche der Hyaloidea der Autoren). In den oberflächlichen Glaskörperschichten finden sich Zellen, in den tieferen Schichten nur noch Derivate derselben, geschrumpften Bläschen, Körnchenhaufen etc. IWANOFF unterscheidet im Glaskörper runde Zellen mit grossem Kern, spindel- und sternförmige Zellen, runde Zellen, die im Innern eine grosse, runde, durchsichtige Blase enthalten, alle drei Formen sind kontraktile.

Die Zonula Zinnii, das Ligamentum suspensorium lentis bezieht seine Fasern aus dem Glaskörper, die in der Umgebung der Ora serrata sich erheben, mit der Membrana limitans der Pars ciliaris retinae verbunden, nach vorne laufen und sich zum Aequator der Linse begeben, um sich ansetzen. Die Zonula wird, indem sie der Oberfläche der Ciliarfortsätze folgt, wie eine Halskrause gefaltet, der äussere Rand dieser Falten entspricht den Vertiefungen zwischen je zwei Ciliarfortsätzen, der innere Faltenrand, der der Glaskörperoberfläche nähert, entspricht den Gipfeln der Ciliarfortsätze, deren Faltenränder sind fest mit dem Ciliatheil der Netzhaut, dieser Membrana limitans verbunden, sodass hier das ganze System von Membranen hängt und in seiner Spannung durch den M. tensor choroideae reguliert werden kann.

Das Ligamentum suspensorium lentis sichert die Stellung der Linse, indem sie diese an die Ciliarkörper heftet; sie übt aber auch, wenn sie in einem ruhenden Auge, gespannt ist, auf den Aequatorialrand der Linse aus, welcher die Aequatorialdurchmesser der Linse verlängert, ihre optische Axe verringert und ihre Flächen abplattet (HELMHOLTZ). Ihre Spannung wird durch die Kontraktion des Tensor choroideae verringert werden, wodurch die Flächen der Linse stärker gewölbt werden. Darauf beruht die Fähigkeit der Akkomodation des Auges.

Die Glaskörperflüssigkeit zeigt alkalische Reaktion und zwischen 100 Theilen 1 Theil Stoffe, die zur Hälfte aus anorganischen Stoffen bestehen: Kochsalz, Kaliumsulfat, Kalk, Schwefelsäure und Phosphorsäure. Unter den organischen Stoffen zeigen sich Albuminate und Harnstoff (PICARD). Die morphotischen Bestandtheile sind in der Flüssigkeit enthalten.

Der Humor aqueus, die wässrige Feuchtigkeit, welche die Augenkammer erfüllt,

keine Spur fibrinoplastischer Substanz, 0,90/0 Salze mit Kochsalz und Extraktivstoffe, 10/100 Harnstoff (WÖHLER).

**zur Entwicklungsgeschichte des Auges.** Die Augen (KÖLLIKER) zeigen sich zuerst als Blasen: primitive Augenblasen, seitlich an dem ersten Abschnitt der embryonalen Nervenanlage, von dem sie sich in der Folge mittelst eines hohlen Stieles: primitiver Optikus

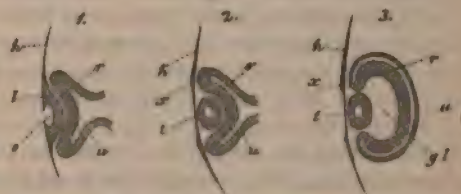
abheben und an die untere Hirn- (Zwischenhirn) herabrücken. Die primitive Augenblase liefert die Retina und die innere Pigmentschichte, welche man als innere Pigmentschichte der Blase bezeichnete. Die äussere Begrenzung der Augenblase bildet das Hornblatt.

Haben die Augenblasen ihre bleibende Stellung erlangt, so beginnt an ihrem vorderen entgegengesetzten Pole eine Verengung des Hornblattes, die sich allmählich zur Linse abschnürt und die Blase von ihrer vorderen Seite her einengt. Endlich legt sich die vordere Augenblasenwand ganz an die hintere an, sodass die Blase nun ein doppelblättriges, sackförmiges Gebilde entstanden ist, das an seinem vorderen Rande die Linse umgibt (Fig. 205).

Gleichzeitig beginnt nun auch die Bildung der unteren Kopfplatte hinter der Linse, gegen die primitive Augenblase und den hohlen Stiel zu wuchern und stülpt ihre untere Wand ein, welche sich gegen die obere Wand anlegt. Die Optikusanlage wird dadurch zweiblättrig und rinnenförmig. Durch diese Einstülpungen entstandene doppelwandige Blase mit weiter seitlicher Spalte ist nun die sekundäre Augenblase. Ihre Höhle kommuniziert nicht mehr mit den Hirnräumen, es ist dieselbe ein von der Aussenseite der primitiven Augenblasen her, durch die Einstülpung der Linse und der Glaskörperanlage entstandener Hohlraum. In Folge der weiteren Entwicklung verwächst die Spalte der sekundären Augenblase und des primitiven Optikus, indem sie den in sie hineingewucherten Theil der Cutis als Glaskörper und als knorpelartige Axe des Sehnerven mit den Vasa centralia abschnürt. Die Hülle des Sehnerven: Sclerotica und Hornhaut, und wohl auch die Choroiden stammt vom mittleren Keimblatt (den Kopfplatten).

Vor der Entwicklung der Stäbchen und Zapfen ist das hintere nervöse Blatt der primären Augenblase gegen das vordere, das Pigmentepithel, durch eine deutliche Limitans externa scharf abgegrenzt. Beim Hühnchen bildet sich um den 7—10. Bruttag in dem embryonalen Netzhautblatte eine deutliche Schichtung aus, indem die innere Faserschichte und die beiden granulierten Schichten deutlich werden, gleichzeitig sprossen nach hinten von der Limitans externa hinaus die Anfänge der Stäbchen und Zapfen hervor in Form dünner, dünner, halbkugelförmiger Höckerchen von homogener Beschaffenheit. Zuerst bilden sich die Innenglieder, später die Aussenglieder, die in die Zellen des Pigmentepithels hineinwachsen, von denen sie scheidenartig umfasst werden (M. SCHULTZE). Nach BARRETT'S Untersuchungen an der Froschretina entstehen die Stäbchen und Zapfen durch Auswachsen aus den Körnern der Netzhaut. Dem Obigen analog sind SCHENK'S Angaben über die Entwicklung der Froschretina. M. SCHULTZE möchte die Bildung wenigstens der Aussenglieder aus den Körnern der Netzhaut anreihen. Wann bei dem Menschen sich die Stäbchen und Zapfen bilden, ist noch unbekannt, beim Neugeborenen sind sie schon gut entwickelt. Bei den neugeborenen Jungen von Kaninchen und Katzen bilden sie sich erst nach der Geburt.

Fig. 205.



Längsschnitte des Auges von Hühnerembryonen nach REMAK. 1. Von einem etwa 65 Stunden alten Embryo. 2. Von einem nur wenige Stunden älteren Embryo. 3. Von einem viertägigen Embryo. *h* Hornblatt, *l* Linse bei 1 noch sackförmig und mit dem Hornblatte verbunden, bei 2 und 3 abgeschnürt, aber noch hohl, *o* Linsengrube, *r* eingestülpter Theil der primitiven Augenblase, der zur Retina wird, *u* hinterer Theil der Augenblase, der, wie REMAK glaubt, zur gesamten Uvea wird und bei 1 und 2 durch den hohlen Sehnerven mit dem Gehirn verbunden ist, *x* Verdickung des Hornblattes um die Stelle, von der die Linse sich abgeschnürt hat, *gl* Glaskörper.



Die Linse ist nach diesen Beobachtungen ein Epidermisgebilde, sie hat die dickwandige Blase in der vorderen Einstülpung der primitiven Augenblase. Die Wandung besteht aus cylindrischen, radiär gestellten Zellen, welche später zu Fasern auswachsend die Linsenhöhle erfüllen. Ein bleibender Rest der Zellen bildet oben sehen, das innere Linsenepithel. Die Linsenkapsel hält Kollagen für die Bildung der Linsenzellen. Die Linse ist bei Embryonen und noch beim Neugeborenen geliger als beim Erwachsenen. Der Glaskörper besteht von Anfang an aus einer Grundsubstanz mit eingestreuten Zellen vorzüglich in den oberflächennächsten Schichten. Linse und Glaskörper sind bei dem Embryo von einer gefässhaltigen Hülle umschlossen, von welcher man bei dem Erwachsenen keine Spur mehr findet. Als wurde der Theil der Gefässkapsel bekannt, welche die embryonale Pupille bildet, die Membrana pupillaris. Ein Theil der Gefässe auf der Vorderfläche der Linse liefert den Gefässen des Iris geliefert, die übrigen Gefässe der Hülle stammen aus der Arteria centralis retinae. Diese entsendet bei ihrem Eintritt in den Bulbus eine kleine Aeste oder capsularis, welche durch obengenannten Canalis hyaloideus durch den Glaskörper die Linse zu läuft; ehe sie diese erreicht, spaltet sie sich in viele Aeste, welche sich auf der hinteren Wand der Linse verbreiten, aber auch den Bulbus mit feinen Zweigen umgreifen. Der angeborene Pupillarverschluss (Membrana congenita) beruht auf der hier und da bei Neugeborenen noch vorhandenen Membrana pupillaris. Die Vögel besitzen keine Membrana pupillaris (HALLER).

Die Choroiden endigt Anfangs am Linsenrande, erst am Ende des zweiten Monats bildet die Iris als eine zuerst ungefarbte kreisförmige Hautschicht hervorzutreten. Der Rand der sekundären Augenblase, deren innere Lamelle zur Retina, die aus dem Pigment wird, umgreift anfänglich den Linsenrand. In der zweiten Hälfte der Entwicklung bleibt der vordere Theil der sekundären Augenblase der Entwicklung zurück und liefert in der Folge die Pars ciliaris retinae, die, wie keine nervösen Elemente besitzt. Die gelbe Färbung des gelben Flecks ist bei Neugeborenen nicht sichtbar.

Die Augenlider zeigen sich im Anfang des dritten Monats als niedrige Höcker, die vierten berühren sie sich und verkleben mit ihren Rändern, öffnen sich aber erst vor der Geburt. Die Thränendrüsen entstehen nach dem Schema der Speicheldrüsen (cf. S. 239) im Anfang des vierten Monats, die Meibom'schen Drüsen erst im fünften Monat aus soliden Wucherungen des Epithels der Augenlidränder.

**Zur vergleichenden Anatomie.** Bei den niederen Medusen (GEGENBAUER) erscheinen als erste Andeutung von Sehorganen blosse Pigmentflecke auf der Stielbasis, welche in der Regel keine weiteren lichtbrechenden Medien enthalten, sondern stark lichtbrechende Körper im Pigment eingelagert, die an die Krystallin der niederen Thiere erinnern. Die Randkörper der höheren Medusen, denen die Sinnesorgane zukommt, sind sicher wenigstens nicht alle für Sehorgane. Bei vielen niederen Würmern (Turbellarien, Trematoden, Nemerinen, Raderthiere bei Tunicaten) finden wir als Sehorgan vielfach nur Pigmentflecke, welche geordnet entweder unmittelbar auf dem Centralnervensystem aufsitzen oder an den Nerven zweige erhalten. An Stelle dieser Pigmentflecke finden wir bei nahe sich deutlich ausgebildete Augen, wo das Pigment nur als Hülle eigenthümlicher Lichtempfindungsapparate modificirter Zellen, der Krystallin, auftritt, welche wir als Lichtempfindlicher Nerven betrachten dürfen (Turbellarien, hier und da auch Nemerinen). Bei den Hirudineen erscheinen (LATROUS) die Augen als becherförmige Erhebungen im Integument, sehr ähnlich den becherförmigen Tastorganen dieser Thiere, welche sich durch starke Pigmentumlagerung unterscheiden. Helle Zellen kleiden den Becher aus, seine Mündung wird von modificirten Epidermiszellen eingehüllt. Zellen des Grundes tritt ein Nervenstrang hindurch und endigt frei nach außen in einer leichten papillenförmigen Erhebung. Die Augen der Anneliden zeigen sich

beden und erreichen zum Theil schon eine auffallende hohe Ausbildung des Baues. Bei Echinodermen sind die einzelnen Fäden der Kiemenbüschel des Kopfes mit vielfachen Augen besetzt. Bei den Echinodermen vertreten meist nur Pigmentflecke die Sehorgane. Bei den Sternen lagern aber zusammengesetzte Augen auf der gewöhnlich aufwärts dem Lichte abgewandten Spitze jedes Armes. Viele, oben kugelige Krystallstäbchen, jedes von einer Linsenlinde umgeben, in ihrer Gesamtheit von einer Epithellage mit Cuticula bedeckt, ruhen auf einer kugeligen Markmasse auf, das Ende des Ambulacrarnerven fungirt als Nerve.

Sehr genau sind die Augen der Arthropoden untersucht. Es betheilt sich neben den lichtempfindlichen Theilen, den Krystallstäbchen, mit Pigmenthülle an dem Bau des Auges auch meist ein Abschnitt der äusseren Leibesdecke, der Chitinhülle, welche über das Auge zu einem lichtbrechenden Organ wird. Die meist sehr grossen Krystallstäbchen zeigen mit mannichfachen Differenzirungen die Form eines umgekehrten Kegels oder eines einseitigen Prismas, sie treten mit Nervenfasern in Zusammenhang. Das immer nach aussen gewandete Ende der Krystallstäbchen ist stärker lichtbrechend als der innere Abschnitt, der sich immer mehr in seinem Aussehen den Nerven annähert. Die Chitindecke des Auges, welche die Stelle der Cornea vertritt, ist durchsichtig und pigmentfrei, häufig verdickt sie sich nach aussen vor und verdickt sich nach innen, sodass sie dadurch die Wirkung einer Linse erlangt. Längs der Krystallstäbchen verlaufen Muskelfasern, welche erstere zum Zwecke der Akkomodation der Cornea nähern können. Die Bildungen sind im Allgemeinen sehr mannichfach, GEGENBAUR zählt folgende Hauptformen auf:

#### I. Augen ohne lichtbrechende Cornea.

1. Einfaches Auge. Es besteht aus einem von Pigment umhüllten Krystallstäbchen, welches von der Chitinhülle entfernt, welche sich am Bau des Auges nicht betheilt. Diese Form, welche bei den niederen Crustaceen vorkommt, schliesst sich an die bei Würmern (Turbellarien, Nemertinen etc.) beobachteten Sehorgane an.
2. Zusammengesetztes Auge, wie das einfache, nur sind hier mehrere Krystallstäbchen zu einem Auge vereinigt (niedere Crustaceen).

#### II. Augen mit Cornea.

1. Einfaches Auge, gebildet von einem grossen Krystallstäbchen, von welchem das Pigment zu einem linsenartigen Körper verdickt (Corycaiden).
2. Zusammengesetztes Auge: a) mit einfacher Cornea. Mehrere zu einem Auge vereinigte Krystallstäbchen werden von einer gemeinsamen, unregelmässig gewölbten Cornea überzogen (Arachniden); b) mit mehrfacher Cornea. Um eine kugelige Sehnervenschwellung sind zwei bis hundert Tausend radiär geordnete, durch Pigment voneinander getrennte Krystallstäbchen zu einem kegelförmig gewölbten Auge vereinigt.

Die Chitinhülle des Auges bildet den einzelnen Krystallstäbchen entsprechende, konvex nach innen gerichtete Facetten, sodass jedes Krystallstäbchen eine eigene kleine, lichtbrechende Corneallinse besitzt. Jedes Krystallstäbchen steht so an der Stelle eines einfachen Auges zweiter Gattung. (Die einfachen Augen der Krustenthier und Insekten.)

Fig. 206.



A Schematischer Durchschnitt durch ein zusammengesetztes Arthropodenaugen. n Sehnerv. g Ganglienschwellung desselben. r Krystallstäbchen aus dem Ganglion hervortretend. c Fascettirte Cornea, vom Integument gebildet, wobei jede Fascette durch Convexität nach innen als lichtbrechendes Organ (Linse) erscheint. B Einige Hornhautfacetten von der Fläche gesehen. C Krystallstäbchen (r) mit den entsprechenden Corneallinsen (c) aus dem Auge eines Käfers.

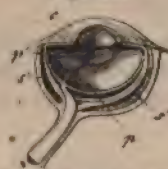


Die höchste Ausbildung und Annäherung an das Auge der Wirbeltiere erreicht das Auge der Wirbellosen bei den Mollusken, obwohl auch hier noch sehr einfache, ja sogar Pigmentflecken vorkommen oder auch die Augen ganz fehlen. Die Augen der Cephalophoren und Cephalopoden sitzen stets zu zweien am Kopfe des Thiers. Bei ersteren zeigt der Bulbus des Auges eine dünne äussere Umhüllung, welche nach vorne eine durchsichtige Cornea übergeht, in der Tiefe des Auges bildet der Sehnerv eine gliedartige Anschwellung, auf welche die Netzhaut folgt mit einer Pigmentschicht, auf die Schichte der nach aussen gekehrten Krystallstäbchen aufgelagert ist. Der Raum des Auges wird von einer hinter der Cornea gelegenen Linse und hinter dieser einer Glaskörpermasse ausgefüllt. Bei den Cephalopoden lagert der Bulbus in einem von Seitenrändern und Orbitalfortsätzen des Kopfkorpels gebildeten orbitalknochenartigen Pupillenartige Bildungen sowie Augenlider kommen bei ihnen zu dem Auge noch hinzu.

Die Augen der Wirbeltiere (Amphioxus zeigt als Sehorgan einen auf das Nervensystem aufgelagerten Pigmentfleck) stimmen der Hauptsache nach mit dem Menschenaugen überein. Bei allen gehören die lichtempfindlichen Apparate, die Stäbchen und Zapfen, zu den äusseren Netzhautschichten, die Aussenglieder der Stäbchen sind so, dass dem in das Auge einfahrenden Lichte abgewendet, während bei allen den Wirbellosen die jenen entsprechenden Krystallstäbchen dem Lichte entgegengekehrt sind. Es spricht sich darin ein verschiedenes Bauprinzip aus, sodass an eine Ueberleitung von einer Form aus der anderen anatomisch nicht gedacht werden kann (Grunow).

Die Form der Bulbus zeigt viele Verschiedenheiten (Figg. 207, 208, 209). Er ist

Fig. 207.



Auge von *Essex lucius*. Horizontalschnitt. *c* Cornea. *p* Processus falciformis. *s* *s'* Verknochnerungen der Sclerotica. *o* Sehnerv.

Fig. 208.



Auge von *Varanus*. (Warn-eidechse). Horizontalschnitt. *c* Cornea. *p* Processus falciformis. *i* Iris und Linse.

Fig. 209.



Auge von *Falco chrysatus*. Horizontalschnitt (nach W. G. 1854). *s* Sclerotica.

Mehrzahl der Säugethiere kugelig: bei den Fischen, den im Wasser lebenden Säugethieren und den Wasservögeln (Schwimm- und Stelzvögeln) ist er von vorne nach hinten, zeitig auch die Cornea, abgeflacht; bei den Raubvögeln ist namentlich der vordere Theil des Auges und die Cornea stark hervortretend und gewölbt. Bei vielen Wirbeltieren ist die Sclerotica Knorpel oder sogar Knochen eingelagert, bei Eidechsen, Schildkröten und Lagern lagert sich im Umkreise der Hornhaut ein Kranz flacher, an einander liegender oder aufeinander sich wegschiebender Knochenstücke ein, Scleroticalring. Die Form der Bulbus wechselt zwischen der kreisrunden, querovalen (Selachiern, Wiederkäuern und Farnpflanzen), längsovalen (Krokodile und fleischfressende Säugethiere), fast dreieckigen (bei den Amphibien und Fischen). Bei Fischen, Reptilien, Vögeln durchsetzt eine Choroidea die Netzhaut, durchzieht meist sichelförmig gebogen den Glaskörper und setzt sich als eine Anschwellung in den hinteren seitlichen Theil der Linsenkapsel an (Processus pecten bei Vögeln Pecten). Die Choroidea vieler Säugethiere, der Fische, des Strausses, zeigt in grösserer oder geringerer Ausdehnung einen grünlichen oder bläulichen Meiselschein, nach Böttcher eine Interferenzerscheinung, das Tapetum lucidum, welches das Innere dieser Thiere im Halbdunkel hervorruft. Die Form der Linse ist verschieden: bei Fischen und Amphibien und den im Wasser lebenden Säugethieren ist sie kugelig, bei Vögeln und Reptilien ist sie biconvex. Die bei der Pupille und bei der Akkommodation wirkenden Elemente der Choroidea sind bei Reptilien und Vögeln quergestreift.

ziehung auf die Stäbchen und Zapfen kommen in der Netzhaut der Thiere verschiedenheiten vor, aus welchen M. SCHULTZE den Schluss zog, dass die Zapfen den percipirenden Organe der Netzhaut seien, sie dienen aber auch mit ihnen zusammen der allgemeinen Lichtempfindung. Bei im Dunklen lebenden Thieren, da im Dunklen keine Farbenunterschiede als solche auftreten, die Farbung auf ein Minimum reducirt ist oder ganz fehlt, fehlen entweder auch die Zapfen (Rochen, Haifische, Flussneunauge, Stör, Fledermaus, Igel, Maulwurf), oder sie dümmern und wenig zahlreich (Eulen, Ratte, Maus, Meerschweinchen). Andere der Sonne spielende Thiere, denen wir wie den Vögeln mit ihrem farbenprächtiger oder den farbenschildernden Schlangen einen sehr entwickelten Farbensinn zuzumessen, haben (die Reptilien) nur Zapfen, oder es herrschen die Zapfen auf der (Vogel) und sind in beiden Fällen ganz eigenthümlich entwickelt. An der Grenz- und Innenglieds, die ganze Dicke desselben einnehmend, findet sich eine Oelzettelagert, welche eine meist sehr intensive Färbung zeigt. Von den durchfallenden Strahlen wird daher nur den der Färbung der Oelkugel entsprechenden der Durchtritt, sodass nur sie die Erregung der zu dem Zapfen gehörenden Faser bewirken können. Vögeln und Reptilien giebt es auch farblose derartige Kugeln, die meisten sind aber gelb, grüngelb, gummiguttgelb, orange, dazwischen stehen in regelmässigen Abständen in der Reihe. Sie stellen sich danach als spezifische Farbenperceptionsorgane dar, einen gegen diese Auffassung noch manche gewichtige Gründe zu sprechen. Die meisten Batrachier haben derartige farblose oder hellgelb gefärbte Kugeln. Offenbar sind alle diese Kugeln durch ihre sphärische Gestalt auch an der Brechung der Strahlen im Zapfen selbst und reihen sich dadurch an mannichfache farblose Lichtbrechungsorgane im Innengliede der Zapfen derselben Thiere an, von denen sich aber nur die in den Zapfen der Säugethiere (Schweine) finden (M. SCHULTZE).

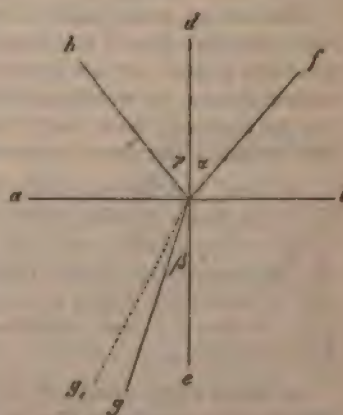
## II. Die Dioptrik des Auges.

### Lichtbrechung in Systemen kugelliger Flächen.

In menschlichen Auge findet sich eine Reihe optisch brechender Flächen, welche die Richtung der Lichtstrahlen in ihm bedingen. Es sollen die hauptsächlichsten allgemeinen Brechungsgesetze für einfach brechende Medien für eine Reihe von gekrümmten Flächen zusammengestellt werden, wobei wir uns, soweit es uns und unser Zweck gestattet, möglichst genau von HELMHOLTZ gegebene Darstellung annehmen.

Bei einer einzelnen brechenden Fläche (HELMHOLTZ) die Lage des zurückgeworfenen und des durchgehenden Strahls folgendermassen bestimmt.  $ab$  sei die brechende Fläche, d. h. die Grenzfläche zweier optisch verschieden brechenden Medien,  $fc$  ein darauf fallender Lichtstrahl,  $d$  ein Punkt  $c$  (in der Figur nicht bezeichnet) auf der senkrecht stehende Linie: das Einfallslot,  $ef$  der gebrochene Strahl. Eine Ebene, die das Einfallslot und den einfallenden Strahl enthält, heisst: Einfallsebene, der Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot

Fig. 210.





( $\alpha$ ) Einfallswinkel, der Winkel zwischen Einfallslot und dem einfallenden Strahl der Reflexionswinkel ( $\gamma$ ), und derjenige zwischen dem Einfallslot und dem gebrochenen Strahl ( $\beta$ ) den Brechungswinkel. Der gebrochene und der einfallende Strahl liegen in der Einfallsebene, der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel. Die Abhängigkeit des Brechungswinkels von dem Einfallswinkel spricht sich darin aus, dass ihre Sinus verhalten wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Lichts in den beiden Medien. Das Verhältniss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtstrahlen im Vacuum zu der in einem gegebenen Medium nennt man dessen Brechungsverhältniss oder Brechungsvermögen. Heisst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Vacuum  $c$ , im ersten Medium  $c_1$ , im zweiten  $c_2$ ,  $n_1$  das Brechungsvermögen des ersten Mediums, so ist  $n_1 = \frac{c}{c_1}$  und  $n_2 = \frac{c}{c_2}$ . Das Brechungsgesetz ist bekanntlich:  $\sin \alpha : \sin \beta = c_1 : c_2$ . Gewöhnlich findet man es in der daraus abgeleiteten Form  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ , aus welcher Gleichung man also z. B. den Brechungswinkel  $\beta$  des gebrochenen Strahls aus dem Einfallswinkel  $\alpha$  und dem Brechungsvermögen des zweiten Mittels etc. berechnen kann, wenn die drei übrigen gegeben sind. Handelt es sich wie gewöhnlich um das Brechungsvermögen der Luft, so vereinfacht sich die Gleichung, da  $n_1$  das Brechungsvermögen der Luft gesetzt werden darf, zu  $\sin \alpha = n \sin \beta$ , wo  $n$  das Brechungsvermögen des zweiten Mediums bedeutet. Das Brechungsverhältniss für das Vacuum  $= 1$  ist nämlich von dem 1,00029 (bei 0° und 760 Mm. Druck) so wenig verschieden, dass der Unterschied in den meisten Fällen vernachlässigt werden darf.

Farbenzerstreuung durch Lichtbrechung. Im Vacuum und in den Gasen ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der einfachen farbigen Lichtstrahlen nicht verschieden, in tropfbaren und festen Körpern pflanzen sich dagegen die Lichtstrahlen mit kleiner Schwingungsdauer, die blauen und violetten, langsamer fort, ihre Brechungsverhältnisse sind sonach gemäss der oben gegebenen Definition grösser als die der rothen Strahlen, man unterscheidet sie daher, z. B. die violetten, als die brechbareren Strahlen, von den weniger brechbaren, z. B. den rothen Strahlen. Der Weg, den ein zusammengesetzter, den weissen Lichtstrahl zusammensetzender farbiger Lichtstrahl bei einer Brechung in tropfbaren oder festen Körpern einschlagen muss, ist daher ein verschiedener, die Brechung ist ein Mittel, um sie zu trennen. Kommt man in Figur Nr. 240 das Strahlenbündel von oben ( $f$ ) her, und zwar nach der Annahme, dass es aus einem dünneren Medium, so würden zwar alle gebrochenen Strahlen dem Einfallslot  $EF$  gleich weit von der Grenzfläche  $AB$  entfernt sein, die brechbareren violetten Strahlen aber mehr als die wenig zerbrechbaren rothen Strahlen werden den Weg nach  $g$ , die zweiten nach  $g_1$  einschlagen und sich auf diese Weise voneinander trennen.

Brechung an kugeligen Flächen. Im Auge findet die Brechung an kugeligen oder wenigstens nahezu kugeligen Flächen statt. Fällt das Licht unter einem bestimmten Einfallswinkel auf eine kugelige, brechende Fläche, oder auf ein centrirtes System solcher Flächen, bei welchem alle Mittelpunkte der Kugelflächen in einer geraden Linie, der optischen Axe des Systemes, liegen, so vereinfachen sich bekanntlich die Gesetze der Brechung. Wir erwähnen hier zunächst folgende Hauptbrechungsgesetze (Hauptgesetze der Dioptrik).

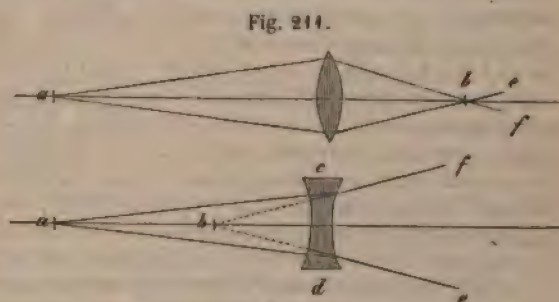
1) Licht, welches ursprünglich von einem Punkte ausgegangen ist, oder von einem Punkt her kommt, dessen Strahlen hinreichend verlängert alle durch einen Punkt gehen, heisst centrisches Licht, wird, nachdem es durch ein centrirtes System gegenwärtiger Medien, oder durch alle brechenden Flächen nur unter kleinen Einfallswinkeln getroffen hat, also sich in einem Punkt wieder vereinigen wie bei Konvexlinsen, b) oder so fassen wir es an, als käme es alles von einem leuchtenden Punkt her, also wieder homocentrisch aus einem Punkt, wie bei Konkavlinsen.

In beiden Fällen nennt man den Konvergenzpunkt der Strahlen das optische Bild des ursprünglich leuchtenden Punktes. Da von dem Orte des Bildes ausgehende Lichtstrahlen

er Stelle des ursprünglich leuchtenden Punktes sich wieder schneiden würden, bezeichnen den Ort des leuchtenden Punktes und den seines Bildes auch als konjugierte Vereinigungspunkte der Strahlen. Reell nennt man das optische Bild, wenn die dem leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen im Bildpunkte wirklich zur Vereinigung kommen. Dies kann nur dann eintreten, wenn das Bild hinter den brechenden Flächen liegt. Virtuuell nennt man das Bild dann, wenn der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen in ihren rückwärts gelegenen Verlängerungen vor der letzten brechenden Fläche liegt. Im letzteren Falle kommen also im Bildpunkte nicht die Lichtstrahlen selbst, sondern ihre gedachten Verlängerungen zur Vereinigung.

4. **Konvexe Glaslinsen** (Brenngläser und Sammellinsen), Brillengläser für Weitsichtige, entwerfen von entfernten Gegenständen reelle Bilder. Ist  $a$  der leuchtende Punkt, so werden die

von  $a$  kommenden Lichtstrahlen in die Richtungen  $d$  und  $e$  gebrochen, und vereinigen sich wirklich in einem Punkte, dem reellen Bilde  $b$ . Nach der Vereinigung divergieren sie wieder, gerade als wäre  $b$  ein ursprünglich leuchtender Punkt (Fig. 211).

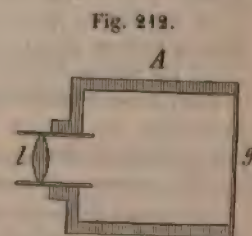


5. **Konkave Glaslinsen** (Zerstreuungsgläser, Brenngläser für Kurzsichtige), geben nur virtuelle Bilder. Nicht die Lichtstrahlen

treffen, nur ihre Verlängerungen treffen sich in  $b$  (Fig. 211) und gehen hinter der Linse weiter, als kämen sie von  $b$ . Ein hinter der Linse zwischen  $f$  und  $e$  stehendes Auge glaubt den leuchtenden Punkt in  $b$  zu sehen.

6. Liegen mehrere leuchtende Punkte in einer gegen die Axe des brechenden Systems senkrechten Ebene, und zwar der Axe so nahe, dass ihre Strahlen auch sämtliche brechenden Flächen unter sehr kleinen Einfallswinkeln treffen, so kommen ihre reellen oder virtuellen Bilder auch alle in einer auf die optische Axe senkrechten Ebene zu liegen, und ihre Vertheilung in dieser Ebene ist geometrisch ähnlich der Vertheilung der leuchtenden Punkte; liegen die leuchtenden Punkte einem Objekte an, so ist das optische Bild dieses Objektes dem Objekte selbst ähnlich.

7. Derartige Bilder von Objekten liefert die dem Auge sehr ähnliche Camera obscura. Die vordere Wand eines innen geschwärzten Kastens, dem man passend die Gestalt des Auges geben kann, ist eine verschiebbare Röhre eingesetzt, welche eine oder mehrere Glaslinsen  $l$  eingefügt sind. Die Rückseite des Kastens bildet eine matte Glastafel. Wendet man die Gläser gegen entfernte erleuchtete Objekte und betrachtet die matte Glastafel, so sieht man auf ihr das umgekehrte, natürlich gefärbte Bild der Objekte, welches, wenn die Linse so gestellt ist, dass die von einem Punkte des abzubildenden Objekts ausgehenden Strahlen sich alle je in einem Punkte der matten Glastafel schneiden, sehr scharf gezeichnet erscheint.



8. **Zerstreuungsbilder.** Man bemerkt dabei, dass

Bilder ungleich weit von der Camera obscura entfernter Gegenstände nicht gleichzeitig scharf auf der matten Tafel erscheinen. Man muss die Röhre mit der Linse etwas herausziehen, um nähere Gegenstände abzubilden, für entferntere dagegen



mehr hineinschieben, da näher an der Linse gelegene Objekte ihre Bilder in grösser Entfernung hinter ihr entwerfen, als von der Linse weiter entfernt stehende Objekte.

b) Chromatische Abweichung. Haben die Linsen einen grossen Durchmesser im Verhältniss zur Länge des Kastens, so zeigen Ränder heller Flächen in den Ecken meist blaue oder gelbrothe Säume. Wie wir sahen, liegen wegen der Verschiedenbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes, die Vereinigungspunkte verschiedenfarbigen Lichtes nicht genau in derselben Entfernung hinter der Linse und die Bilder für die verschiedenen Farben decken sich nicht genau. Diese chromatische Abweichung kann aufgehoben werden, durch eine passende Verbindung von Linsen, die aus verschiedenen Glassorten bestehen, sogenannte achromatische Linsen.

c) Sphärische Abweichung. Auch bei Beleuchtung mit einfarbigem Licht zeigen die Bilder der Camera obscura und andere optische Instrumente mit grösseren Kugelflächen eine gewisse Ungenauigkeit der Umrisse, weil die durch eine Kugel gebrochenen homocentrischen Strahlen nur bei verschwindend kleinen Einfallswinkeln genau in einem Punkte vereinigt werden. Instrumente, bei denen durch passende Zusammenstellung der brechenden Flächen diese Abweichung beseitigt ist, werden als aplanatische bezeichnet. Durch einzelne Kugelflächen ist die Aplanasie nie zu erreichen, eine solche wäre nur durch Rotationsflächen möglich, meist durch solche des vierten Grades, die man bis jetzt noch nicht schleißen konnte. In gewissen Fällen, wenn z. B. der leuchtende Punkt, wie oft bei dem Auge in grosser Entfernung liegt, ist die Erzeugungskurve solcher Flächen eine Ellipse. Bei einer von kugelförmigen brechenden Flächen ist Aplanasie auch durch passende Kombination von kugelförmigen brechenden Flächen in Beziehung auf Krümmungsradius und Abstand zu erreichen. Da an einer Kugelfläche die Randstrahlen stärker gebrochen werden als die der Axe zunächst eintretenden Strahlen, so schneiden sich die Strahlen nicht alle in einem Punkte, sondern in einer krummen Linie: der sphärischen Linie.

**Centrirte dioptrische Systeme.** Wenn bei einem centrirten dioptrischen System ein Medium, in welches schliesslich nach allen Brechungen die Strahlen eintreten, vorhanden ist, vom ersten, aus welchem sie ursprünglich kommen, dann erscheint die optische Wirkung des Systems auffallend analog der Brechung an einer einzigen sphärischen Trennungsläche, die zwei heterogene Medien von einander scheidet. Zur einfachen Bestimmung der Grösse der optischen Bilder, sowie des Ganges eines jeden durch ein solches System hindurchgegangenen Lichtstrahls, welcher sämtliche brechende Flächen unter einem bestimmten Einfallswinkel passiert hat, bedarf es der Kenntniss gewisser Punkte: der Kardinalpunkte des Systems.

Man hat 3 Paare solcher Punkte zu unterscheiden:

1) zwei Brennpunkte, senkrecht auf die Axe durch die Brennpunkte gezogene Ebenen heissen Brennebenen.

2) die beiden Hauptpunkte, senkrecht auf die Axe durch die Hauptpunkte gezogene Ebenen heissen Hauptebenen.

3) Die beiden Knotenpunkte.

Man nennt die Seite des Systems, von der das Licht herkommt, die erste, die es hingehet, die zweite Seite; das Brechungsverhältniss des ersten und letzten Mediums sei verschieden, das erstere  $n_1$ , das letzte  $n_2$ .

Wir definiren nun nach HELMHOLTZ:

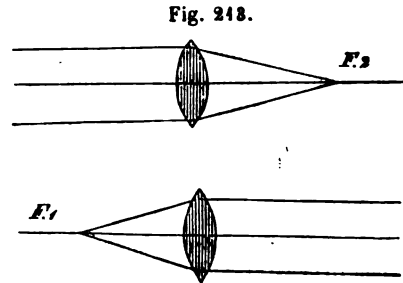
Der erste Brennpunkt  $F_1$  ist dadurch bestimmt, dass (wie bei der Brechung an einer kugelförmigen Trennungsläche) jeder Strahl, der durch ihn geht, nach der Brechung parallel zur Axe wird. Alle von einem Punkt der ersten Brennebene ausgehenden Strahlen werden nach der Brechung unter einander parallel (Fig. 213).

Der zweite Brennpunkt  $F_2$ , auch der hintere Brennpunkt genannt, ist dadurch bestimmt, dass durch ihn jeder Strahl geht, der vor der Brechung parallel zur Axe geht.

che im ersten Mittel unter einander parallel sind, vereinigen sich in einem Punkte in der Brennebene (Fig. 243).

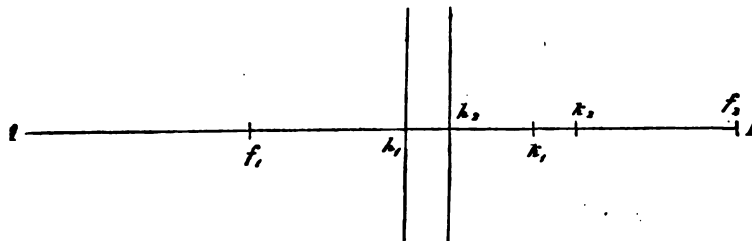
Die Hauptpunkte.

Der zweite Hauptpunkt ist das Bild des ersten, d. h. Strahlen, welche im ersten Mittel durch den ersten Hauptpunkt gehen, gehen nach der letzten Brechung durch den zweiten Hauptpunkt. Die zweite Hauptebene ist das optische Bild der ersten, und zwar die einzigen zusammengehörigen Bilder, die gleich gross und gleich gerichtet sind. Der zweite Knotenpunkt ist das Bild des ersten. Ein Strahl, der im ersten Mittel nach dem ersten Knotenpunkt gerichtet geht, geht nach der Brechung durch den zweiten Knotenpunkt, und die Richtungen des Strahls vor und nach der Brechung sind einander parallel. Die Knotenpunkte bilden eine gewisse Analogie zum Centrum einer kugelförmigen Trennungsfäche.



Die Entfernung des ersten Hauptpunkts vom ersten Brennpunkt ist die erste Hauptbrennweite, die des zweiten Brennpunktes vom zweiten Hauptpunkt die zweite. Sie ist positiv gerechnet, wenn der erste Hauptpunkt im Sinne der Fortbewegung des Lichtes vor dem ersten Brennpunkte liegt. Umgekehrt ist negativ bei der zweiten Brennweite. In der Fig. 244 sei  $AB$  die Achse eines centrirten Systems, von  $A$  kommt das Licht.

Fig. 244.



hier;  $f_1$  ist der erste,  $f_2$  der zweite Brennpunkt,  $h_1$  der erste und  $h_2$  der zweite Hauptpunkt,  $k_1$  der erste,  $k_2$  der zweite Knotenpunkt, so ist  $f_1 h_1$  die erste (positive) Hauptbrennweite. Dagegen  $f_2 h_2$  als die Entfernung des zweiten Hauptpunktes vom zweiten Hauptpunkt ist die zweite Hauptbrennweite, negativ gerechnet, wenn, wie in der Figur, der Brennpunkt hinter dem Hauptpunkte liegt.

Zur näheren Bestimmung giebt HELMHOLTZ noch folgende Gleichungen, die sich aus den gegebenen Definitionen ergeben:

Die Entfernung des ersten Knotenpunktes vom ersten Brennpunkt ist gleich der zweiten Hauptbrennweite, umgekehrt die des zweiten Knotenpunktes vom zweiten Brennpunkt gleich der ersten Hauptbrennweite. Also

$$\left. \begin{aligned} f_1 k_1 &= f_2 h_2 \\ f_1 h_1 &= f_2 k_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \alpha.)$$

Daraus folgt, dass der Abstand der gleichnamigen Haupt- und Knotenpunkte von der optischen Achse gleich dem Unterschiede der beiden Brennweiten ist:

$$h_2 h_1 = k_2 k_1 = f_2 h_2 - f_1 h_1 \dots \dots \dots \beta.)$$





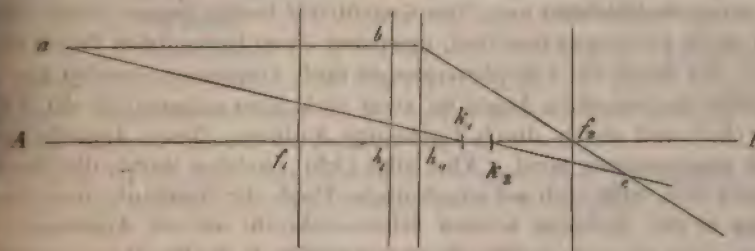
so gleich und gleichgerichtet sein soll, so liegt das Bild des Punktes  $b$  der ersten Hauptebene in  $c$ , dem Fußpunkt des von  $b$  auf die zweite Hauptebene gefällten Lothes  $bc$ . Jeder Strahl, der von  $b$  ausgeht oder durch  $b$  hindurchgeht, muss also nach der Brechung in  $c$  gehen, als dem Bild von  $b$ ; so auch die Fortsetzung des Strahles  $ab$ .

weitens geht der Strahl  $ab$  durch den Punkt  $a$  der ersten Brennebene. Jeder Strahl, der von einem Punkte der ersten Brennebene ausgeht, ist nach den oben gegebenen Regeln nach der Brechung parallel dem Strahle, welcher von jenem Punkte  $a$  nach dem ersten Knotenpunkte geht. Also muss der Strahl  $ab$  nach der Brechung durch  $c$  gehen und parallel  $ak_1$  sein. Man ziehe  $cd$  parallel  $ak_1$ , so ist  $cd$  der gebrochene Strahl. Die Fig. 215 ist noch eine zweite Auflösung an.

**3te Aufgabe.** Es sei  $a$  ein leuchtender Punkt; es soll sein Bild gefunden werden.

Man braucht nur zwei Strahlen von  $a$  aus auf die erste Hauptebene zu ziehen, und deren Bild nach der Brechung zu konstruieren. Wo sie sich schneiden, liegt das Bild von  $a$ . Wenn  $a$  innerhalb der Axe liegt, so ist es am bequemsten, zur Konstruktion den mit der Axe liegenden Strahl  $ab$  und den nach dem ersten Knotenpunkte gehenden  $ak_1$  zu benutzen. In  $c$  der Punkt ist, wo der erste Strahl die zweite Hauptebene schneidet (der Punkt  $c$  auf der zweiten Hauptebene nicht bezeichnet), so ziehe man die Linie  $cf_2$  und verlängere hinreichend, bis sie die durch  $k_2$  parallel mit  $ak_1$  gelegte Linie in  $e$  schneidet. Der Ort des Bildes ist  $e$ . Dass der Strahl  $ab$  nach der Brechung längs  $ce$  und  $ak_1$  längs  $k_2e$  geht, ergibt sich aus der ersten Aufgabe und den Definitionen. Liegt der Punkt  $a$  in der Axe, so verläuft einer seiner Strahlen in der Axe selbst ungebrochen fort. Man braucht dann nur irgend einen anderen Strahl zu konstruieren, der ausserhalb der Axe verläuft. Wo letzterer nach der Brechung die Axe wieder schneidet, ist der Ort des Bildes (Fig. 216).

Fig. 216.



Die mathematischen Nachweise sind in HELMHOLTZ' Handbuch der physiologischen Optik zu sehen. Ein Auszug aus HELMHOLTZ' Darstellung des Ganges der Lichtstrahlen in trüben optischen Systemen findet sich in dem Lehrbuch der Physiologie von C. LEWIS.

### Strahlenbrechung im Auge.

Im Bau und Strahlenbrechung entspricht das Auge im Allgemeinen einer Camera obscura. Bei dieser entwirft ein optischer Sammelapparat auf einem aufgestellten Schirme verkleinerte, umgekehrte Bilder von Gegenständen, deren Strahlen auf die brechenden Flächen auftreffen. Das Gleiche leistet der lichtleitende Apparat des Auges, die Netzhaut ist der auffangende Schirm, auf welchem die Bilder der Objekte, welche ihre Strahlen in das Auge senden, verkleinert und verkehrt entworfen werden.



die Beobachtung des Netzhautbildchens in ein neues Stadium.

Man findet, dass nur diejenigen Objekte, deren Bilder auf der Netzhaut zu liegen kommen, scharf gezeichnet erscheinen. Je weiter der Netzhaut zu verringert sich die objektive Deutlichkeit, desto weniger entspricht diese objektive Beobachtung den subjektiven Wahrnehmungen. Der gelbe Fleck ist die Sehschärfe am bedeutendsten, sie nimmt von dem Centrum der Netzhaut zu sehr rasch ab, und zwar noch rascher als die Deutlichkeit der Zeichnung des Netzhautbildchens, wodurch eine Abnahme der Sehschärfe gegen die Randtheile zu erwiesen wird. Mit dem Auge gestützt auf diese Beobachtungen, direkt nachweisen, dass die Sehschärfe des gelben Fleckes, die sich durch einen eigenthümlichen Reflex (COCCIVS, DONDEBS), der Ort des direkten, deutlichsten Sehens

Von allen künstlichen optischen Apparaten zeichnet sich das Auge durch die Grösse seines Gesichtsfeldes aus. Das Gesichtsfeld beider Augen, wenn sie parallel in die Ferne gerichtet sind, umspannt einen horizontalen Bogen von etwa als 180°, der durch die Augenbewegungen noch vergrössert wird. Das Gesichtsfeld des einzelnen Auges ist zwar nicht ganz so gross, weil es oben und unten durch Theile des Antlitzes, Nase, Wangen eingenommen wird. Aber alles Licht, welches durch die Pupille fällt, trifft noch auf empfindliche Theile der Netzhaut. Durch die Brechung in der Hornhaut können selbst senkrecht auf die Pupille fallende Strahlen, wenn sie noch den Hornhautrand treffen, in die Pupille gelangen. Das Gesichtsfeld auch jedes einzelnen Auges, abgesehen von der Beschränkung etwa einer halben Kugel entspricht. Aus dem Netzhautbildchen Gesagten ergibt sich, dass gleichzeitig doch immer ein bestimmter Fleck entsprechende Partie dieses grossen Gesichtsfeldes schärfer gesehen kann. Das Gesamtbild entspricht einer Zeichnung, in welcher der wichtigste sorgfältig ausgeführt, der übrige Theil aber nur skizzirt ist. Je weiter vom Hauptgegenstand ab, um so weniger sorgfältig. Ein

verschiedenen Linsenschichten findet eine Brechung im Innern der da die Linsenschichten ihrer verschiedenen Dichtigkeit wegen auch eines Lichtbrechungsvermögens besitzen. Parallele Lichtstrahlen werden an der Hornhaut so gebrochen, dass sie, ungestört weiter gehend, etwa 40 mm von der Netzhaut zur Vereinigung kommen würden. Sie treffen aber nach dem Durchgang durch die Hornhaut schon stark konvergierend auf die Linse, welche diese Konvergenz soweit steigert, dass der Vereinigungspunkt der Strahlen auf der Netzhaut trifft (Fig. 247).

Die Hauptpunkte der einzelnen brechenden Flächen der meisten menschlichen Augen liegen so wenig von der Augenaxe ab, dass wir das Auge unbedenklich als ein centrirtes optisches System betrachten dürfen.

Die Augenaxe, d. h. die optische Axe des Systems, verläuft vom vorderen zum hinteren Nodalmittelpunkt zu dem Nodalmittelpunkt zwischen gelbem und blauem Sehnerveneintritt.

Die optischen Eigenschaften des menschlichen Auges unterliegen nach dem Ergebniss der Messungen verschiedenen individuellen Abweichungen.

Die optischen **Kardinalpunkte** des Auges, die er leiden auch noch bei dem Fern- und Nahsehen eine Aenderung ihrer Lage im normalen, fernsehenden Auge kann man im Allgemeinen aussagen (HELMHOLTZ):

Der erste **Hauptpunkt** liegt dem zweiten sehr nah, also ebenso wie der erste **Knotenpunkt** dem zweiten. Die beiden **Hauptpunkte** des Auges liegen etwa in der Mitte der vorderen Augenkammern, die beiden **Knotenpunkte** sehr nahe der hinteren Fläche der Linse, der **Brennpunkt** liegt auf der Netzhaut (Fig. 248).

Zur Vereinfachung der Rechnung wählte LISTING für ein schematisches, mittleres Auge möglichst einfache, den Messungen sich anschliessende Werthe. Er nimmt an:

Brechungsvermögen	1.	Brechungsvermögen der Luft . . . . .	1
	2.	„ „ wässrigen Feuchtigkeit . . .	$100/77$
	3.	„ „ Linse . . . . .	$100/11$
	4.	„ „ Glaskörper . . . . .	$100/77$
Krümmungshalbmesser	5.	Krümmungshalbmesser der Hornhaut . . . . .	8 mm.
	6.	„ „ vorderen Linsenfläche . . .	10
	7.	„ „ hinteren Linsenfläche . . .	6
	8.	Entfernung der vorderen Hornhautfläche und vorderen Linsenfläche . . . . .	4
	9.	Dicke der Linse . . . . .	4

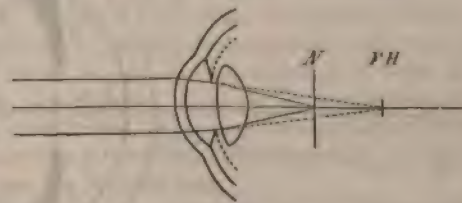
Er berechnet aus diesen Annahmen:

Der erste Brennpunkt liegt 42,832 mm. von der Hornhaut, der zweite Brennpunkt 16,476 mm. hinter der Hinterfläche der Linse.

Der erste Hauptpunkt liegt 2,4746 mm., der zweite 2,5724 mm. hinter der vorderen Hornhaut, ihr gegenseitiger Abstand beträgt 0,8978 mm.

Der erste Knotenpunkt liegt 0,7580 mm., der zweite 0,8602 mm. von der hinteren Linsenfläche.

Fig. 247.



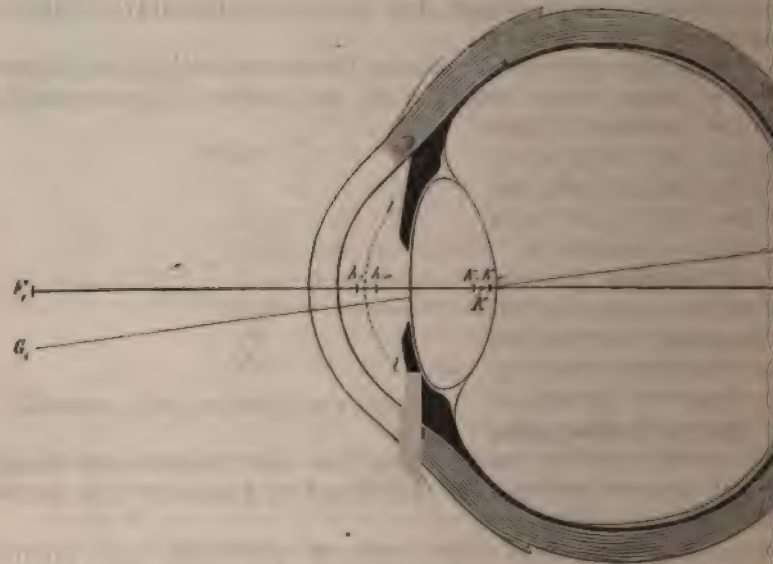
N Netzhaut, F H der hintere Brennpunkt der Hornhaut.



4. Die erste Hauptbrennweite des Auges beträgt hienach 13,0672 Mm., 20,0746 Mm.

In der nebenstehenden Figur 248 ist die Lage der Hauptpunkte  $A, A_1$ , Knotenpunkte  $F, F_2$  nach LISTING verzeichnet. Das LISTING'sche Schema stimmt natürlich Verhältnissen so gut überein, als es bei der grossen Breite der individuellen Unterschiede möglich ist.

Fig. 248.



Da die Haupt- und Knotenpunkte sehr nahe zusammen liegen, so kann die Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen, ohne erhebliche Beeinträchtigung der Genauigkeit, die beiden Haupt- und Knotenpunkte je in einen Punkt zusammenziehen. Dies ist ein noch mehr vereinfachtes Augenschema: das *reducirte Auge*. Der vordere Hauptpunkt dieses reducirten Auges liegt 2,3448 Mm. hinter der Vorderfläche der Hornhaut, der hintere Knotenpunkt  $K$  0,4764 Mm. von der hinteren Linsenfläche, die Brennpunkte bleiben unverändert. Die Wirkung des reducirten Auges würde der einer brechenden Kugel entsprechen, deren Mittelpunkt der Knotenpunkt  $K$  ist, und deren Scheitel der vordere Hauptpunkt liegt, vor ihr befindet sich Luft, hinter ihr wässrige Flüssigkeit, die Glaskörpersubstanz. Der Krümmungshalbmesser einer solchen Kugelfläche beträgt auf 5,1284 Mm. Viele theoretische Betrachtungen, bei denen es nur auf die Richtung der Bilder ankommt, werden durch Anwendung des reducirten Schemas sehr vereinfacht.

Wenn man, wie sehr häufig, weiss, dass scharfe Bilder auf der Netzhaut entstehen, wenn es also nur darauf ankommt, den Ort des Bildes zu bestimmen, genügt es, die Knotenpunkte zu kennen. Nimmt man dazu der Einfachheit wegen nur einen Knotenpunkt an, so findet man das Bild, wenn man vom Objekt eine Gerade durch den Knotenpunkt zur Netzhaut zieht; wo er die Netzhaut schneidet, ist der Ort des Bildes. Man nennt jede solche gerade Linie *Richtungslinie des Sehens*. Den vorderen Knotenpunkt als *Kreuzungspunkt der Richtungslinien*. Das zwischen der Hornhaut und dem hinter der Linse liegende Stück einer solchen Linie entspricht dem wahren Weg des durch die Richtungslinie repräsentirten Lichtstrahles, den man *Richtungsstrahl* nennt; nur zwischen der vorderen Hornhautfläche und der hinteren Netzhautfläche fällt, wie sich aus dem Obigen ergibt, der Richtungsstrahl nicht mit der Richtungslinie zusammen.

man bezeichnet den Richtungsstrahl, welcher die Stelle des direkten Sehens trifft, als *Optische*. Die Augenaxe, deren Ende nach dem Obigen nicht auf die Netzhautgrube und die Gesichtslinie sind in ihrer Lage also nicht identisch. Vor dem Auge liegt die Gesichtslinie nach innen und meist etwas nach oben von dem Auge ab, da die Netzhautgrube nach aussen und meist etwas nach unten von der Augenaxe liegt. In der Figur ist  $G_1 G_2$  = Gesichtslinie,  $F_1 F_2$  = Axe. Die obere Seite der Figur ist die Schläfenseite, die untere die Nasenseite.

**Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut.** Von einem Punkte ausgehendes Licht bildet, wenn es die Pupille hindurchgetreten ist, im Auge einen Lichtkegel, dessen Basis in der Netzhaut liegt. Die Kegelbasis hat, wie der Augensein ergibt, die Gestalt der Pupille, ist also beim Menschen normal kreisrund. Der Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen bildet die Basis des Kegels, er ist gegen die Netzhaut zugewendet; fällt er vor der Netzhaut, so divergieren von ihm aus die Strahlen wieder, sodass die Netzhaut selbst von einem kegelförmigen Lichtbüschel getroffen wird. Das Bild des Punktes auf der Retina kann dann kein leuchtender Punkt sein, sondern er ist eine der grösseren Ausdehnung der Beleuchtung entsprechend schwächere, leuchtende Kreisscheibe, mit um so grösserem Durchmesser, je weiter vor der Netzhaut der Kreuzungspunkt der Strahlen sich befindet. Liegt der Kreuzungspunkt der Strahlen hinter der Retina, so wird diese ebenfalls von einem kegelförmigen Lichtbüschel getroffen, das sich als um so grössere Kreisscheibe auf der Retina darstellen wird, je weiter vor der Netzhaut der Kreuzungspunkt der Strahlen liegt.

Die solche von dem Lichte eines leuchtenden Punktes ausserhalb des Auges beleuchtete Kreisscheibe der Netzhaut nennt man **Zerstreuungskreis**, **Zerstreuungsbild**. Die Kreisscheibe kann durch eine Veränderung der Pupillarform verändert werden. Feinste Lichtlinien, die wir aus einer Reihe von Lichtpunkten bestehend ansehen können, werden dadurch, dass sich von jedem dieser Punkte ein Zerstreuungskreis bildet, welche Zerstreuungskreise theilweise decken, zu einem breiteren, lichtschwächeren, oben und unten abgerundeten Streifen. Aus demselben Grunde bleibt bei gleichmässig hellen Flächen im Zerstreuungsbilde die Mitte, wo sich die Zerstreuungskreise der Lichtpunkte vollkommen decken, gleicher Lichtstärke wie das scharfe Bild, nur die Ränder erscheinen verwaschen und schwach.

### Akkommodation.

**Begriff der Akkommodation.** Nur diejenigen Objekte können deutlich gesehen werden, welche ein scharf gezeichnetes Bild auf der percipirenden Fläche der Netzhaut entwerfen. Die Vereinigung homocentrischer Strahlen durch Brechung an gekrümmten Flächen, wie z. B. in der Camera obscura oder in dem menschlichen Auge, findet, wie wir sahen, je nach dem Abstände des leuchtenden Punktes von der Netzhaut auf verschiedenen Flächen in verschiedenen Entfernungen hinter denselben statt. In der Camera obscura auffangenden Schirme der Camera obscura erscheinen daher je nach der Entfernung desselben von der Sammellinse nur Objekte deutlich, welche in bestimmter Entfernung von dem Instrumente abstehen, während andere Objekte, in anderer Entfernung stehend, mehr oder weniger undeutlich verwaschene Zerstreuungsbilder darstellen. Die gleiche Erscheinung zeigt sich im Auge. Wir können mit dem Augenspiegel direkt beobachten, dass, wenn entfernte Gegenstände deutliche Bilder auf der Netzhaut entwerfen, gleichzeitig dem Auge nah gelegene Objekte im Bilde undeutlich oder gar nicht erscheinen, und umgekehrt.

In der Camera obscura können wir willkürlich, indem wir die Entfernung des auffangenden Schirmes und der brechenden Linse verändern, bald von nahen, bald von ferneren Objekten uns scharfe Bilder entwerfen lassen. Dasselbe kann



dadurch erreicht werden, dass wir, unter Beibehaltung der gegebenen Krümmung der brechenden Fläche von dem auffangendem Schirme, der erstere eine gewählte stärkere oder schwächere Krümmung geben, resp. in den Apparat stärker oder schwächer brechende Linsen einsetzen, da Linsen von starker Krümmung das optische Bild in geringerer Entfernung hinter sich entwerfen, Linsen von schwächerer Krümmung.

Auch das Auge kann willkürlich durch Veränderung seiner Konstanten, bald von näher, bald von ferner gelegenen Objekten schärfere Bilder entwerfen und dadurch bald diese, bald jene deutlich sehen. Hier können wir mit dem Augenspiegel verfolgen, dass, wenn wir, in der Fixation einen nahen Gegenstand fixiren, sein Bild scharf auf der Netzhaut und zwar in der Fovea centralis des gelben Flecks erscheint, während gleichzeitig entfernte Objekte sich undeutlich abbilden; richten wir dann willkürlich unsere Fixation auf ein entfernteres Objekt, so verschwimmt das vorhin scharfe Bild des nahen, während das des entfernteren deutlich und scharf hervortritt. Wir lernen hieraus subjektiv, dass, wenn wir, nach der Betrachtung eines entfernten Gegenstandes, unsere Fixation auf ein dem Auge näher gelegenes Objekt wenden, eine Veränderung des Fixationspunktes mit dem Gefühl einer gewissen Anstrengung folgt, welches steigt mit der Annäherung des fixirten Objektes an das Auge. Wir sind, von einem gewissen Punkte an, nicht mehr im Stande, weiter zu sehen. Das Gefühl der Anstrengung fehlt, wenn wir von nahen Gegenständen ausgehend unsere Betrachtung entfernten zuwenden.

Diese mit einer gewissen Anstrengung vor sich gehende willkürliche Veränderung des Auges, um bald nahe, bald entfernte Gegenstände deutlich zu sehen, d. h. scharf auf der Netzhaut abzubilden, bezeichnet man als **Akkommodation** des Auges nach der Entfernung des Objekts.

Die Entfernungen, zwischen welchen die Akkommodation möglich ist, liegen sehr bedeutenden individuellen Schwankungen. Den dem Auge nächsten gelegenen Punkt, für welchen noch scharf akkommodirt werden kann, bezeichnet man als **Nahpunkt**, den entferntesten als **Fernpunkt** des Auges. Bei normalen Augen (cf. unten) pflegt der Nahpunkt 10 Zoll Entfernung vor dem Auge zu liegen, der Fernpunkt in sehr grosser Entfernung.

Von der Willkür der Akkommodation und davon, dass Gegenstände in verschiedener Entfernung vom Auge nicht gleichzeitig deutlich erscheinen, kann man sich leicht durch einen Versuch überzeugen. Hält man vor ein normalsichtiges oder durch eine Brille korrigirtes Auge, in etwa 8 Zoll Entfernung, während das andere Auge geschlossen ist, ein weisslichen Schleier oder ein Drahtnetz, und hinter diesem in grosserer Entfernung (etwa 1 Fuss) ein offenes Buch, so kann man, ohne die Richtung des Auges zu verändern, willkürlich bald die Buchstaben, bald die Fäden des Gewebes deutlich sehen. Die Buchstaben sind undeutlich, wenn man die Fäden des Schleiers deutlich sieht; fixirt man dagegen die Buchstaben, so sieht man den Schleier nur als eine leicht, gleichmässige Verdunkelung des Gesichtsfeldes. Man achtet man auch gut das subjektive Gefühl der Akkommodationsanstrengung.

**Akkommodationslinie.** Die Angabe, dass wir verschieden entfernte Objekte gleichzeitig deutlich sehen können, bedarf einer Einschränkung. Für sehr ferne Objekte kann die Entfernung des Objektes sehr beträchtlich ändern, ohne dass die Klarheit

zehen Bildes von den Hauptpunkten des Auges eine merklich verschiedene wird. Ist ein für unendliche Entfernung akkommodirt, so sind die Zerstreuungskreise auch für Ob- bis zu etwa 12 Meter Entfernung vom Auge immer noch so klein, dass sie keine merk- Undeutlichkeit des Bildes bedingen. Anders ist es, wenn das Auge für einen nahen stand akkommodirt ist, dann erscheinen Gegenstände schon in sehr kleinen Abständen der hinter jenem schon undeutlich. J. CZERNIAK hat den Abschnitt der Gesichtslinie, welchem die bei einem gegebenen Akkommodationszustande des Auges ohne merkliche Unmöglichkeit erscheinenden Objekte liegen, als Akkommodationslinie bezeichnet. Akkommodationslinie ist um so länger, je grösser der Abstand der gleichzeitig ge- gen Objekte vom Auge ist, sie wird für einen unendlich grossen Abstand unendlich . Man kann sich davon schon durch einen Blick in eine ferne Landschaft überzeugen. HOLTZ rath, eine Nadel etwa 1—2 Zoll vor einer bedruckten Papierfläche aufzustellen. Man nehme die Nadel in der Nähe, so erscheinen die dahinter stehenden Buchstaben un- schärfe, sie nehmen bei fortgesetztem Betrachten der Nadel an Deutlichkeit zu, je weiter das Auge von Nadel und Papier entfernt (cf. unten Optometer).

visiren. Die Möglichkeit zu visiren beruht darauf, dass die Zerstreuungskreise ferner nstände sehr klein sind, wenn das Auge für andere ferne Gegenstände akkommodirt ist, können daher erkennen, ob verschieden entfernte Punkte an einer Stelle des Gesichts- liegen. Streng genommen erscheint nur immer einer der beim Visiren betrachteten te scharf, die anderen in grösseren oder kleineren Zerstreuungskreisen. Wir nehmen eine genaue Deckung zweier Punkte an, wenn der deutlich gesehene in der Mitte des reuungsbildes des andern liegt. Die Linie, welche wir durch zwei sich deckende te ziehen können, heisst Visirlinie. Die Visirlinien kreuzen sich in einem Punkte toges, dem Kreuzungspunkt der Visirlinien, es ist das der Mittelpunkt des von hornhaut entworfenen Bildes der Pupille.

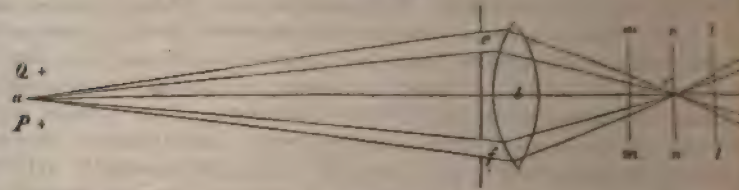
er SCHEINER'sche Versuch dient zur Erklärung der hier obwaltenden Verhältnisse. Sticht durch ein Kartenblatt mit einer Nadel zwei Löcher, deren Entfernung von einander ger ist als der Durchmesser der Pupille und fixirt nun durch die beiden Löcher, z. B. Nadel, die man vor den hellen Hintergrund des Fensters hält (und zwar vertikal, wenn öcher des Kartenblattes horizontal neben einander liegen und umgekehrt), so erscheint adel einfach, fixirt man dagegen einen näheren oder fernerer Gegenstand, so erscheint ppelt. Verdeckt man die eine Oeffnung des Kartenblattes, so wird in dem Falle, dass adel einfach ist, nur das Gesichtsfeld etwas dunkler. Sieht man hingegen die Nadel elt, so verschwindet bei dem Verschliessen des einen Loches das eine der Doppelbil- und zwar verschwindet, wenn man ein fernerer Objekt als die Nadel fixirt, das e Bild der Nadel beim Verschliessen des rechten Loches, hat man aber das Auge n n ä h e r e s Objekt akkommodirt, so verschwindet das r e c h t e Bild beim Verschliessen e c h t e n Loches e. v. v. Der Versuch gelingt am leichtesten, wenn man zwei Nadeln r einander vor einem hellen Hintergrund aufstellt, die eine etwa in 6 Zoll, die andere in s Entfernung, die eine horizontal, die andere vertikal. Fixirt man nun die eine, so seinen die Doppelbilder der andern. Man muss dabei die Löcher des Kartenblattes quer n die Richtung der Nadel stellen, welche doppelt erscheinen soll. Macht man 3 Löcher n Kartenblatt, alle drei nahe genug an einander, um gleichzeitig vor die Pupille gebracht en zu können, so erscheinen entsprechend 3 Bilder der Nadel.

Man kann zur Erklärung dieser Versuche ganz entsprechende Beobachtungen an Glas- anstellen (Fig. 249). Es sei in der Figur *b* eine Sammellinse, vor welcher ein dunkler rm mit zwei Oeffnungen, *e* und *f*, angebracht ist; *a* sei ein leuchtender Punkt und *c* der einigungspunkt für seine Strahlen hinter der Linse. Es werden sich also alle Strahlen beiden Strahlenbündel, welche durch die beiden Oeffnungen des Schirmes *e* und *f* gehen, Punkte *c* schneiden, und ein auffangender Schirm, welcher in *c* aufgestellt ist, wird nur e helle Stelle als Bild des Lichtes zeigen; steht der Schirm dagegen vor dem Verein- gungspunkte in *m m*, oder hinter ihm in *l l*, so wird er die den beiden Oeffnungen entspre-



chenden Strahlenbündel gesondert auffangen und zwei helle Stellen zeigen. Bedeutet man an Stelle der Glaslinse die brechenden Medien des Auges, statt des Schirms die Netzhaut, so ergibt sich analog, dass nur ein Punkt der Retina vom Licht getroffen wird, wenn

Fig. 249.



Fläche durch den Vereinigungspunkt der Strahlen geht, zwei Punkte dagegen, wenn die Netzhaut vor oder hinter dem Vereinigungspunkt der Strahlen befindet. Die Stelle des Schirmes in *mm* entspricht dem Falle, wo das Auge für einen ferneren, die in *l* für einen näheren Gegenstand akkommodiert ist. Es zeigt sich nur ein scheinbarer Widerspruch. Verdeckt man in dem Versuch mit der Glaslinse die obere Oeffnung *e* des gebrochenen Schirmes, so verschwindet bei der Stellung des Schirmes in *m* das obere Bild, während bei dem fernsehenden Auge das entgegengesetzte Bild verschwindet. Bei der Stellung des Schirmes in *l* verschwindet umgekehrt bei der Glaslinse der entgegengesetzte, in dem noch sehenden Auge dagegen das gleichseitige Bild. Der scheinbare Widerspruch rührt daher, dass die Netzhautbilder stets umgekehrt sind, es entspricht also tiefer liegenden lichten Gegenstände im Gesichtsfelde ein höher stehendes Bild auf der Netzhaut. Wird also die bei *m* stehende Netzhaut an zwei Stellen vom Licht getroffen, so sieht der Sehende von dem oberen Punkte auf einen im Gesichtsfelde unterhalb des wirklich liegenden Punktes bei *P* liegenden Gegenstand, und aus dem unteren Punkte auf einen oberhalb liegenden. Wird die Oeffnung *e* verdeckt, so verschwindet demnach der oberhalb liegende auf der Netzhaut, und der Experimentirende glaubt deshalb den Gegenstand *P* zu sehen, welcher der verdeckten Oeffnung entgegengesetzt ist. In analoger Weise lässt sich der scheinbare Widerspruch beim Fixiren eines nahen Gegenstandes (Hermann) erklären.

**Wirkung eines engen Diaphragma.** Die Akkommodation kann durch künstliche Verengung der Pupille unterstützt werden. Bringt man einen Schirm mit enger Oeffnung vor das Auge, so kann man nun Gegenstände deutlich sehen, für welche man das Auge nicht akkommodiren kann. Die Grundfläche des in das Auge eindringenden Strahlenkegels ist durch die Oeffnung entsprechend kleiner, und im gleichen Verhältnisse alle seine anderen Querflächen, also auch der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut. Ebenso wirkt erklärlich eine Verengung der Pupille selbst.

**Mechanismus der Akkommodation.** Bei der Akkommodation treten eine Reihe von Veränderungen im Auge ein, auf denen die Fähigkeit des Auges, seine Brechungsvermögen verschiedenen Entfernungen anzupassen, beruht. Im Wesentlichen gipfeln diese Veränderungen in einer Veränderung der Linsenkrümmung, womit das Gesamtbrechungsvermögen des Auges steigt und daher in das Auge einfallende homocentrische Strahlen näher oder weiter hinter der Linse zur Vereinigung kommen. Die Netzhaut, welche dem entsprechenden Schirme in der Camera obscura entspricht, braucht dabei ihren Abstand von den brechenden Flächen nicht zu verändern, da sich der Entfernung der Gegenstände die Linsenkrümmung, in den oben angegebenen Grenzen, so anpassen vermag, dass scharf gezeichnete Bilder auf der Netzhaut entstehen.

Folgende Veränderungen treten im Auge bei der Akkommodation für das Fixiren ein (HELMHOLTZ):

Die Pupille verengert sich bei der Akkommodation für die Nähe, erweitert sich bei der für die Ferne.

Diese Veränderung ist, da sie leicht zu beobachten ist, am längsten bekannt. Man bestimme sie an jedem Auge, welches man abwechselnd einen nahen und einen in derselben Entfernung fern liegenden Gegenstand betrachten lässt, wenn die Pupille nur nicht durch ein starkes Licht dauernd verengt wird. Der Erfolg ist S. 744 angegeben.

Der Pupillarrand der Iris und die Mitte der vorderen Linsenfläche verschieben sich bei eintretender Akkommodation in die Nähe etwas nach vorn.

Um dies zu beobachten, wähle man nach HELMHOLTZ einen scharf bestimmten fernen Fixationspunkt und stelle als nähern eine Nadelspitze hin. Der Beobachtete schliesst das Auge und bringt das andere in eine solche Stellung, dass die Nadelspitze ihm den Fixationspunkt genau deckt. Das Auge darf diese Stellung nicht verlassen und nicht auf nah liegende Gegenstände abschweifen, weil es bei diesem Versuche wesentlich darauf ankommt, dass die Richtung des Auges nicht verändert wird. Der Beobachter stelle sich so, dass er die Hornhaut des beobachteten Auges von der Seite und etwas von hinten sieht, dass er die schwarze Pupille dieses Auges etwa noch zur Hälfte vor dem Hornhautrande hervorragen sieht, so lange das beobachtete Auge in die Ferne blickt. Nun bringe er den näheren Gegenstand, die Nadelspitze, fixiren; sogleich wird er bemerken, dass das schwarze Oval der Pupille und auch ein Theil des ihm zugekehrten Irisrandes vor der Linsenfläche sichtbar werden. Dass die vordere Linsenfläche stets dicht hinter der Pupille liegt, also mit ihr vorrückt, ist oben erwiesen.

Die vordere Fläche der Krystalllinse wird gewölbter beim Nahesehen, flacher beim Sehen in die Ferne.

Man kann das an der Grössenveränderung der sogenannten SANSON'schen Bildchen, oder drei Spiegelbildchen eines Lichtes im Auge beobachten, von welchen das erste durch die Hornhaut, das zweite von der Vorderfläche der Linse, das dritte von der Hinterfläche der Linse gespiegelt werden. Ein konvexer Spiegel giebt, wie wir wissen (S. 742), unter sonst gleichen Umständen desto kleinere Bilder, je kleiner sein Radius ist; wenn sich also die spiegelnden Flächen des Auges bei dem Sehen in die Nähe stärker krümmen, so werden auch ihr Spiegelbildchen kleiner werden. Man kann eine Grössenabnahme an dem verwaschen und lichtschwachen Spiegelbilde der Vorderfläche der Linse deutlich beobachten, wenn man in einem dunklen Zimmer eine stark leuchtende Lampenflamme in das Auge lässt. HELMHOLTZ rath zu dieser Beobachtung nicht eine, sondern zwei etwa gleich starke Lichtquellen ihre Bilder im Auge entwerfen zu lassen, am einfachsten so, dass man zwei über einander stehende Löcher eines Schirmes je ein Licht scheinen lässt. Jede der beiden genannten Augenflächen reflektirt dann zwei helle Bilder, und man sieht leicht und deutlich, wie die der vorderen Linsenfläche angehörigen sich verkleinern und einander näher rücken, wenn das Auge in die Nähe, auseinander treten, wenn es in die Ferne sieht (Fig. 220). Diese Verkleinerung rührt nicht etwa nur von dem Nachvorrücken der Linsenfläche her, welche freilich das Bildchen auch etwas verkleinert. Der Rechnung nach kann die Vergrößerung aus dieser Ursache nur ausserst unbedeutend sein im Vergleich mit der wirklich beobachteten.

Es ist weiter der Nachweis geführt, dass sich auch das Bildchen der hinteren Linsenfläche beim Nahesehen etwas verkleinert, wobei der scheinbare Ort der hinteren Linsenfläche nicht merklich verändert.

Es nimmt also auch die Krümmung der hinteren Linsenfläche beim Nahesehen etwas zu, aber nur in geringem Grade.

Da die vordere Fläche der Linse vorrückt, die hintere aber dabei ihren Ort unverändert verlässt, so ergibt sich, dass die Linse beim Nahesehen in der



Mitte dicker wird. Da dabei eine Volumensänderung nicht möglich ist, müssen wir daraus schliessen, dass sich die Durchmesser ihrer Äquiva-

Fig. 220.



Reflexe zweier rechtwinkliger Lichtpunkte (Löcher eines Schirmes). I. Beim Fernsehen. II. Beim Nahesehen. Die Reflexe entsprechen denen von einer Flamme.

Reflexe einer Flamme im Auge. I. Reflexe an der Hornhaut, II. an der vorderen Linsenfläche, unkenntlich vergrössert, III. an der hinteren Linsenfläche, verkehrt verkleinert.

torialebene verkürzen, dass ihr Umfang kleiner wird, während ihr Dickendurchmesser zunimmt.

Durch die stärkere Wölbung der Linsenflächen bei der Akkommodation für die Nähe wird ihre Brennweite verkürzt. Die Hauptpunkte verschieben sich gleichzeitig nach vorne, theils durch das Vorrücken der vorderen Fläche der Linse, theils weil die vordere Fläche stärker wölbt. Dadurch werden die Verhältnisse zur hinteren sich stärker wölbt. Dadurch werden die einfallenden Strahlen ausserer leuchtender Punkte früher zur Vereinigung gebracht, als dies in dem in die Ferne sehenden der Fall ist. Die Grösse der Linsenveränderung reicht zur Erklärung der Akkommodationsbreite des lebenden Auges.

Andere Veränderungen an den brechenden Theilen des Auges zum Zwecke der Akkommodation sind bisher am Auge nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Man hat angenommen, dass die Hornhautkrümmung bei der Akkommodation sich ändere. Die ersten Messungen mit Hilfe des Ophthalmometers haben diese Meinung widerlegt.

HELMHOLTZ bestimmte die Verschiebung des Pupillarrandes der Iris, d. h. der Fläche der Linse, nach vorne beim Nahesehen in zwei Fällen. Auch die Krümmungsmesser der vorderen Linsenfläche bei Fern- und Nahesehen bestimmte er bei denselben Augen:

Auge.	Krümmungshalbmesser der vorderen Linsenfläche		Verschiebung der Pupille bei Akkommodation für die Nabe.
	fernsehend	nahsehend	
I.	11,9	8,6	0,36
II.	8,8	5,9	0,44

Die am Auge eintretenden Veränderungen der optischen Konstanten und Krümmungen bei der Akkommodation für Ferne und Nähe stellt HELMHOLTZ schematisch in folgender Tabelle zusammen, für ein schematisches Auge, das sich von dem LISTRÖMERSchen unterscheidet, nur dadurch, dass die Linsenfläche etwas nach vorne gerückt ist. Die Linse dünner angenommen ist. Das Brechungsvermögen der gläsernen und ebenen

keit ist wie bei Listing <sup>108/77</sup>, das der Krystalllinse <sup>106/11</sup>. Als Ort eines Punktes ist Entfernung von der vorderen Hornhautfläche angegeben.

Angenommen:	Akkommodation für die	
	Ferne:	Nähe:
ungsradius der Hornhaut . . . . .	8	8
„ „ vorderen Linsenfläche . . . . .	10	6,0
„ „ hinteren Linsenfläche . . . . .	6,0	5,5
er vorderen Linsenfläche . . . . .	3,6	3,2
„ hinteren Linsenfläche . . . . .	7,2	7,2
Berechnet:		
re Brennweite der Hornhaut . . . . .	23,692	23,692
re „ „ „ . . . . .	34,692	34,692
weite der Linse . . . . .	43,707	33,785
nd des vorderen Hauptpunktes der Linse von der vorderen		
Fläche . . . . .	2,4073	4,9745
nd des hintern von der hintern . . . . .	1,2644	4,8100
nd der beiden Hauptpunkte der Linse von einander . . . . .	0,2282	0,2155
Auges hintere Brennweite . . . . .	49,875	47,756
„ vordere Brennweite . . . . .	44,858	43,274
es vorderen Brennpunktes . . . . .	42,948	41,344
„ ersten Hauptpunktes . . . . .	1,9403	2,0820
„ zweiten Hauptpunktes . . . . .	2,3563	2,4919
„ ersten Knotenpunktes . . . . .	6,957	6,515
„ zweiten Knotenpunktes . . . . .	7,373	6,974
„ hinteren Brennpunktes . . . . .	22,234	20,248

ent man an, dass der Fernpunkt des schematischen Auges in unendlicher Ferne liegt, die Netzhaut in der Axe des Auges 22,234 Mm. von der vorderen Hornhautfläche sein; bei der Akkommodation für die Nähe würde ein Gegenstand deutlich gesehen, welcher 448,85 Mm. vor dem vorderen Brennpunkte, oder 430,09 Mm. vor der Netzhaut liegt, was der Akkommodationsbreite eines normalen Auges gut entspricht.

Entdeckung BRÜCKE's hat uns in dem Musculus ciliaris den Akkommodationsmuskel kennen gelehrt, durch die Thätigkeit dieses Muskels treten die normalen Akkommodationsveränderungen an der Linse des Auges ein. CRAMER und BERS zeigten, dass man durch elektrische Reizung des Muskels, die man an menschlichen Augen (junger Seehunde) von beiden Seiten der Hornhaut einwirkt, die Akkommodationsänderungen im Auge künstlich hervorrufen kann. Nach dem oben Gesagten (S. 726) ist die Linse in dem Auge so befestigt, dass im ruhenden, fernsehenden Zustand des Auges durch das an ihren Rändern verlaufende Ligamentum suspensorium lentis, die Zonula Zinnii gedehnt wird. Durch Kontraktion in den Äquatorialdurchmessern wird die Axe der Linse verkürzt, und sie werden entsprechend abgeflacht. Durch Zug an der Zonula kann man ausgeschnittenen Augen sich von dieser Wirkung der Zonulaspannung leicht überzeugen, und, wie schon erwähnt, wölbt sich die aus ihrer Befestigung gelöste Linse unter der Wirkung ihrer eigenen Elasticität stärker. Die Wirkung der Kontraktion des Ciliarmuskels besteht hauptsächlich in einer Verminderung der Spannung der Zonula und damit der Linse, wodurch unter der Wirkung ihrer eigenen Elasticität sich die Linse stärker krümmt (HELMHOLTZ). Die Verminderung der Zonula kommt so zu Stande, dass durch die Kontraktion der meridionalen Fasern des Ciliarmuskels die Zonula nach vorne gegen



emmetropische Augen (von *εμμετρος* = modum tenens) um der Vieldeutigkeit der Richtung normale oder normalsichtige Augen zu entgehen. Emmetropische Augen können an den mannichfaltigsten Fehlern leiden, sie brauchen durchaus nicht immer normal zu sein. Ausser den parallelen Strahlen können emmetropische Augen vermöge der Akkommodation auch mehr oder weniger divergente Strahlen auf der Netzhaut vereinigen.

Augen, welche in der Ruhelage der Akkommodation für divergente Strahlen eingestellt sind, deren Fernpunkt also zwar vor ihnen, aber nicht in unendlicher Entfernung liegt, bezeichnet man als brachymetropische oder mit dem alten Namen als myopische, kurzsichtige Augen. Sie können auch mit Hülfe der Akkommodation nur divergente Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung bringen.

Augen, welche in der Ruhe für konvergente Strahlen akkommodirt sind, sind hypermetropische, überweitsichtige Augen. Sie können mit Hülfe der Akkommodation ausser den konvergenten, auch parallele und selbst divergirende Strahlen auf der Netzhaut vereinigen.

Die brachymetropischen Augen können ohne Akkommodation und ohne Brille Gegenstände scharf sehen, die hypermetropischen Augen müssen dagegen, ausgesetzt dass sie sich keiner Brille bedienen, jedesmal, wenn sie ein reelles Bild betrachten wollen, eine Akkommodationsanstrengung machen. Dadurch werden meist sehr störende Ermüdungserscheinungen des Auges herbeigeführt, man war vor der Entdeckung der relativen Häufigkeit der zu Grunde liegenden Refraktionsanomalie durch DOXBERG als Asthenopie bezeichnete, ein Leiden, dem der Arzt früher fast hilflos gegenüber stand, und welches er jetzt so leicht wie Kurzsichtigkeit durch ein passendes (konvexes) Brillenglas zu heben vermag.

Man glaubte annehmen zu dürfen, dass der Grund der Akkommodationseigenlichkeiten der Augen in verschiedener Krümmung der lichtbrechenden Flächen des Auges beruhe. DOXBERG konstatierte (S. 714), dass diesen Zuständen keine konstanten Krümmungsverhältnisse der Hornhaut oder Linse entsprechen. Der Grund der Abweichung liegt vielmehr in der verschiedenen Länge der Augenaxe, welche bei der brachymetropischen länger, bei der hypermetropischen dagegen kürzer ist, als bei den emmetropischen Augen. Durch diese Verschiedenheit in der Länge der Augenaxe kommt bei den kurzsichtigen Augen die Netzhaut bei der Ruhelage der Akkommodation hinter die Brennebene der konvergierenden Augenmedien zu liegen, die Strahlen, welche von fernen leuchtenden Gegenständen ausgehen, schneiden sich also schon vor der Netzhaut, diese wird daher von einem Zerstreuungskreis, gebildet von den nach der Vereinigung wieder divergirenden Strahlen, getroffen. Ein solches Auge kann nur nähere Gegenstände ein Bild hinter der Brennebene entwerfen wird, ohne Brille genau wahrnehmen. Umgekehrt ist es bei den hypermetropischen Augen, bei denen die Netzhaut bei der Ruhelage der Akkommodation vor der Brennebene des Auges zu stehen kommt. Bei einem solchen Auge schneiden sich ohne Akkommodation schon die von unendlich fernen leuchtenden Objekten ausgehenden, parallelen Strahlen hinter der Netzhaut und entwerfen auf ihr, also noch konvergierend, ein Zerstreuungsbild; je höherem Maasse gilt das Gesagte für divergente, von näher am Auge gelegenen Objekten ausgehende Strahlen. Ohne Akkommodation können auf der Netzhaut hier nur konvergente Strahlen zur Vereinigung kommen, da nur von

Maass, wozu man bisher den Brillennummern entsprechend, entweder der oder Preussische Zoll wählte.

So haben also gleiche Akkommodationsbreite von ein Sechstel ( $\frac{1}{6}$ ) 1) ein emmetropisches Auge, dessen Sehweite von 6 Zoll bis Unendlich geht  $\frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$  2) ein myopisches, dessen Sehweite von 3—6 Zoll geht  $\frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}$ . 3) ein hypermetropisches, dessen Sehweite von +12 bis -12 geht  $\frac{1}{12} - \left(-\frac{1}{12}\right) = \frac{1}{6}$  Grenzwerte der Konvexgläser wird negativ genommen.

**Presbyopie.** Die Grösse der Akkommodation ( $\frac{1}{d}$ ) nimmt mit zunehmendem Alter kontinuierlich ab. Bei ganz oder nahezu emmetropischen Augen erfolgt dies allmählich proportional den Jahren, sodass sie im 10. Jahre im Mittel  $\frac{1}{3}$  beträgt, im 50. Jahre Null wird. Verlust der Akkommodationsfähigkeit tritt im höheren Alter regelmässig ein, für diesen Zustand reservirt DONDERS die ältere Bezeichnung Presbyopie. Im höheren Alter, etwa vom 50. Jahre an, rückt auch der Fernpunkt des Auges etwas hinaus; so kommt es, dass im Alter, früher emmetropische Augen zu hypermetropischen, schwach myopische dagegen zu emmetropischen werden können.

Es scheint, dass diese allmähliche Verminderung der Akkommodationsbreite mit zunehmendem Alter davon abhängt, dass im Alter die Festigkeit der äusseren Schichten der KrySTALLINSE zunimmt, wodurch die Linse weniger nachgiebig wird.

Bei dem Sehen in die Nähe tritt gleichzeitig Konvergenz der Augenachsen ein. Es hält unwillkürlich eine bestimmte Verbindung zwischen Konvergenz- und Akkommodationsanstrengung ein und akkommodirt daher für die Ferne leichter bei parallelen, für die Nähe besser bei stark konvergenten Augenachsen.

DONDERS bezeichnet als: 1) absolute Akkommodationsbreite die, welche für die Ferne bei parallelen, für die Nähe bei konvergenten Gesichtslinien gemessen wurde. Es ist zu bemerken, dass dann der Nahpunkt der Akkommodation ferner liegt als der Konvergenzpunkt der Gesichtslinien. Diese absolute Akkommodationsbreite bestimmte DONDERS bei einem 45jährigen emmetropischen Auge nach der obigen Berechnungsweise zu  $\frac{1}{3,9}$ .

2) Steigert man die Konvergenz nicht weiter als zur Fixirung des Punktes, für den man akkommodirt, nöthig ist, so erscheint die Akkommodationsbreite etwas geringer: binokulare Akkommodationsbreite. Für das obige Auge betrug sie  $\frac{1}{3,9}$ . 3) Die relative Akkommodationsbreite für einen gegebenen Grad der Konvergenz war für denselben Augen bei parallelen Gesichtslinien nur gleich  $\frac{1}{44}$ , sie erreichte bei einer Konvergenz von 44° ihr Maximum von  $\frac{1}{5,76}$ , hielt sich dann bei steigender Konvergenz ziemlich unverändert, so dass sie bei 93° noch  $\frac{1}{6,4}$  beträgt, bei der Stellung des binokularen Nahpunktes, bei 38° Konvergenz, war sie  $\frac{1}{9}$ , in der Stellung des absoluten Nahpunktes, bei 73° Konvergenz wurde sie zu 0. Für (feinere) ärztliche Zwecke sind bestimmte Grade der Konvergenz für die Vergleichung der Akkommodation zu wählen. Die Bestimmung des Fernpunktes wählt man am besten die parallele Richtung der Gesichtslinien auf ein entferntes Objekt.



## Auswahl der Brillen, Bezeichnung der Myopie und Hypermetropie

Die Brennweite der schwächsten konkaven Linse, welche einem Auge noch vollkommen genaues Sehen sehr entfernter Objekte, ist unmittelbar = der Entfernung des Fernpunktes vom Auge. Nummer der zu wählenden Brille = der Nummer der Myopie.

$\frac{4}{6}$ , heisst: der Fernpunkt des Auges, steht 6 Zoll vom Auge ab, und eine Konkavlinse von 6 Zoll Brennweite korrigirt die Myopie, sodass dann der Fernpunkt in unendliche Ferne liegt.

Die Brennweite der stärksten Konvexlinse, welche einem hypermetropischen Auge noch vollkommen deutliches Sehen sehr entfernter Gegenstände gestattet, ist ebenfalls = der Entfernung des Fernpunktes vom Auge. Die Bezeichnung der Hypermetropie ist wie die der Myopie nur negativ. Hypermetropie =  $-\frac{4}{12}$  heisst, eine Konvexbrille von 12 Zoll Brennweite korrigirt die Hypermetropie vollkommen.

**Arztliche Bemerkungen.** (HELMHOLTZ). — Im Allgemeinen sollten Augen, die der gewählten Beschäftigung nicht genügt, rechtzeitig Brillen anwenden. Presbytische Augen bedürfen einer Konvexlinse beim Lesen und Schreiben, überhaupt bei der Arbeit mit nahen Objekten, zur möglichsten Beseitigung der Zerstreuungskreise. Das Bedürfniss ist bei schwächerer Beleuchtung ist die Pupille weit, die Zerstreuungskreise sind grösser, es ist dann eine stärkere Brille nöthig als am Tage bei hellerer Beleuchtung. In den meisten Fällen, bei jüngeren Individuen, genügt eine Brille, welche den Nahpunkt 12 Zoll heranbringt. Bei sehr alten Leuten, zwischen 70—80 Jahren, vermindert sich jedoch die Gesichtsschärfe so bedeutend, dass für ein deutliches Sehen die Objekte dem Auge herangebracht werden müssen, etwa bis auf 8 oder 7 Zoll, damit sie den grösseren Gesichtswinkel, also grösser gesehen werden.

Bei Myopie ist bei der Beschäftigung mit nahen Gegenständen gebückte Haltung und starke Konvergenz der Augen möglichst zu vermeiden, um einer fortschreitenden Verdünnung, Ausbauchung und Zerrung der Membranen im hinteren Theil des Auges, gesteigerten Blut- und Muskeldruck vorzubeugen, wodurch das Sehvermögen allmählich beeinträchtigt und gefährdet wird. Liegt der Fernpunkt noch über 3 Zoll vom Auge, so dürfen im allgemeinen Konkavgläser fortdauernd getragen werden, welche den Fernpunkt, wie bei dem emmetropischen Auge, in unendliche Ferne rücken. Dann ist für eine dauernde Beschäftigung und normale Sehschärfe die Brille, welche den Nahpunkt 12 Zoll an die Augen gebracht werden. Verlangt man für feine Arbeiten, wobei die Objekte dem Auge näher gebracht werden müssen, so müssen während solcher Beschäftigungen schwächere Konkavgläser getragen werden. HELMHOLTZ rath auch achromatische, prismatische Gläser zu, welche auf der Nasenseite dicker als auf der Schläfenseite sind, weil mit solchen die Sehobjekte mit geringerer Konvergenz und geringerer Akkommodationsanstrengung gesehen werden können. Es kommt bei Kurzsichtigen, die zum ersten Male Brillen erhalten, selten vor, dass Gläser, welche ihre Brachymetropie vollkommen korrigiren, wegen Gewöhnung an schwächere Gläser, an deren Stelle man nach und nach gewendet, getragen werden; es rührt das daher, dass sich die Verbindung von Akkommodation und Konvergenz den neuen Umständen erst allmählich anpasst. Sobald das Akkommodationsvermögen oder Gesichtsschärfe merklich geschwächt, so sind für die Arbeit mit nahen Objekten schwächere Gläser zu verwenden, welche für die gewöhnliche Entfernung ausreichen, für fernere Objekte kommt dann passend eine Lorgnette zu Hilfe.

Für hypermetropische Augen wähle man Anfangs, ehe sie ihre fortdauernde Akkommodationsanstrengung vollkommen zu beseitigen verstehen, etwas zu starke Konvexgläser.

h welche sie schon ferne Objekte nicht mehr ganz deutlich wahrnehmen können. Mit fortschreitender Entwöhnung von den Akkommodationsanstrengungen werden schwächere Gläser nöthig.

Bei verminderter Akkommodationsbreite (Presbyopie) bedarf man stärkerer Gläser für Nahe, schwächerer für die Ferne.

**Optometer.** Die Akkommodationsbreite wird mit Hülfe von **Optometern** bestimmt.

Die Leseproben. Am einfachsten erscheint es, zu beobachten, in welchen Entfernungen kleine Gegenstände, z. B. Buchstaben, noch deutlich gesehen werden können. Genauigkeit der Angaben nach dieser Methode wird dadurch gestört, dass auch sehr kleine Buchstaben immer noch bei schon ziemlich bedeutenden Zerstreuungskreisen erkannt werden können. Daraus erklärt es sich, dass Kurzsichtige sehr kleine Gegenstände noch weiter als den Nahepunkt an das Auge heranbringen, da trotz der Zerstreuungskreise Objekte, welche wegen Kleinheit schwer erkennbar sind, bei grösserer Annäherung an das Auge, unter grösserem Winkel, grösser und sonach erkennbarer erscheinen. Soll also die Akkommodationsbreite auf diesem Wege ermittelt werden, so muss man für verschiedene Abstände verschiedene Gesichtsobjekte wählen, und zwar alle so fein, dass sie von einem gut akkommodirten Auge noch eben erkannt werden.

1. PORTERFIELD hat auf den SCHEINER'schen Versuch ein Optometer gegründet; Th. YOUNG empfiehlt einen feinen weissen Faden auf schwarzem Grunde auszuspannen, sodass eines Ende nahe unter dem Auge sich befindet, und dann durch einen passenden Rahmen mit zwei Löchern nach dem Faden zu blicken. Dieser erscheint dann nur an der Stelle, für die das Auge akkommodirt ist, einfach, an allen übrigen Stellen doppelt. Die einfach erscheinende Stelle kann leicht bezeichnet werden. Ihre Entfernung vom Auge entspricht der Sehweite des Auges. Man verwendet meist andere feine, durch die Löcher des Rahmens eben noch deutlich erscheinende Gegenstände, welche man in verschiedene Abstände vom Auge bringt, z. B. feine Nadeln auf dem hellen Grund des Himmels. HELMHOLTZ's Optometer wird bei Besprechung der chromatischen Abweichung des Auges seine Stellung finden.

## Monochromatische und chromatische Abweichung des Auges.

### 1. Monochromatische Abweichung, Astigmatismus.

Die gewöhnliche monochromatische Abweichung der optischen Instrumente, sphärische Aberration ist im Auge auf ein sehr geringes Maass reducirt. Die Ursache dafür liegen darin, dass die Ablenkung der Randstrahlen für Hornhaut und Linse in bedeutendem mit der Lichtintensität wechselndem Umfang durch Reflexion stattfindet, dass die brechenden Flächen am Auge nicht kugelig, sondern, wie die Theorie aplanatischer brechender Flächen erfordert (S. 734), ellipsoide gekrümmt sind, wobei die Krümmung gegen die Ränder zu bedeutend abnimmt; in demselben Sinne wirkt es, dass die Randstrahlen der Linse nur die äusseren, weniger stark brechenden Linsenschichten durchwandern. Daher ist es, dass die im Auge immer nur sehr geringe eigentliche sphärische Aberration sich hier hinter anderen monochromatischen Abweichungen verbirgt, welche im Allgemeinen als Astigmatismus zusammenfasst, ein Name, der den Mangel eines genauen Brennpunktes (= Stigma) bezeichnen soll.

Die Benennung Astigmatismus ist von WHEWELL vorgeschlagen und seitdem allgemein angenommen. DONDERS und KNAPP haben den Zustand ausführlicher beschrieben. WHEWELL unterscheidet regulären und irregulären Astigmatismus.



Der reguläre Astigmatismus rührt davon her, dass die Brechung der brechenden Flächen des Auges, namentlich der Hornhaut, in verschiedenen Meridianen verschieden ist.

Der irreguläre Astigmatismus äussert sich in der Erscheinung der Polyopie monocularis. Er beruht darauf, dass durch sonstige Unregelmäßigkeiten der brechenden Flächen und zwar besonders der Linse auch die einzelnen Meridianebene des Auges einfallenden Strahlen nicht genau in einem Brennpunkt vereinigt werden.

Augen ohne Linse zeigen den unregelmässigen Astigmatismus meist nur in geringem Grade, dagegen den regulären Astigmatismus aus Krümmungsverschiedenheiten der Hornhaut viel regelmässiger und deutlicher als Augen mit Linse. Die einzelnen Sektoren der Linse vereinigen zwar die auffallendsten Strahlen, abgesehen von den Andeutungen einer wahren sphärischen Aberration, in einem Punkt, die Brennpunkte der verschiedenen Sektoren fallen zusammen (DONNERS).

Am irregulären Astigmatismus kann sich auch die Hornhaut zeitweilig betheiligen, wenn kegelförmige Erhebungen, Geschwüre etc. oder zufällige Unregelmäßigkeiten, Thränenflüssigkeit, Fetttropfen aus den Meibom'schen Drüsen die regelmässige Brechung an ihr veranlassen.

Als Erscheinungen des unregelmässigen Astigmatismus der Polyopie monocularis beschreibt HELMHOLTZ folgende als von der Linse ausgehend:

1) Die kleinen Zerstreuungskreise heller, kleiner, leuchtender Punkte, Sterne oder ferne Laternen, erscheinen auf der Netzhaut nicht als helle, kreisförmige Flächen, sondern als strahlige Figuren von 4—8 unregelmässigen Strahlen, welche bei verschiedenen Individuen verschieden zu sein pflegen.

Die Zerstreuungsfigur eines leuchtenden Punktes, z. B. einer punktförmigen Oeffnung in einem dunklen Schirme, scheint jenseits des Fernpunktes des Auges, bei den meisten in der Richtung von oben nach unten länger als in der Richtung von links nach rechts. Bei schwacher Beleuchtung kommen nur die hellsten Stellen der Figur zur Wahrnehmung, und man sieht daher mehrere Bilder des hellen Punktes, gewöhnlich eines heller ist als die anderen. Bei sehr starker Beleuchtung, z. B. bei direktem Sonnenlicht, fliessen die Strahlen des Sternes in einander, und rings um den Stern bilden sich aus unzähligen, äusserst feinen, buntgefärbten Linien bestehender Strahlen ein viel grösserer Ausdehnung: Haarstrahlenkranz.

Ist das Auge für grössere Entfernungen als das des leuchtenden Punktes akkommodirt, so liegt die grösste Ausdehnung der Strahlenfigur meist horizontal.

Kann man für die punktförmige Oeffnung des Schirmes genau akkommodirt sein, so ist sie bei mässigem Lichte rundlich und hell, bei stärkerem Licht wird sie aber unregelmässig.

2) Bei ungenügender Akkommodation erscheinen feine Lichtlinien, z. B. des Neumondes, mehrfach. Es fliessen die helleren Stellen der Zerstreuungsbilder zu einzelnen Lichtlinien zusammen, welche als mehrfache, lichtschwächere Bilder der hellen Linie erscheinen. Bei ungenügender Akkommodation zeigen sich zwei, manchmal in gewissen Fällen 3, 4 und mehr solcher Bilder.

3) An den Grenzen heller Flächen, für welche das Auge nicht vollkommen akkommodirt ist, erscheinen die Doppelbilder in der Weise, dass am Rande der hellen Fläche der Uebergang von Hell ins Dunkel in zwei oder drei Absätzen geschieht. Eine helle Fläche auf hellem Grund scheint jenseits des Fernpunktes mit einem Rande umgeben zu sein, der zunächst aus einem hellen, dann aus einem schwarzen Streifen besteht, der nach und nach zu verwaschen ist.

Der reguläre Astigmatismus zeigt sich bei fast allen menschlichen Augen in geringerem oder stärkerem Grade. Man kann die Grösse des Astigmatismus nach analogem Principe, wie die Sehweite bestimmen.

Augen mit regulärem Astigmatismus haben entsprechend der verschiedenen Krümmung der Hornhautsektoren in verschiedenen Meridianen verschiedene Sehweiten für Linien von verschiedener Richtung im Gesichtsfelde.

Ein Auge mit regulärem Astigmatismus kann im Allgemeinen nicht gleichzeitig für horizontale und vertikale Linien, welche sich in gleicher Entfernung von dem Auge befinden, akkommodirt sein. In der Mehrzahl der Fälle muss das Auge eine grössere Sehweite annehmen, um die seinem horizontalen Durchmesser parallelen Linien deutlich zu sehen, für die senkrechten dagegen mehr für die Nahe akkommodirt. Eine vertikale Linie muss man meist weiter vom Auge entfernen, als eine horizontale, um sie beide zu gleicher Zeit deutlich zu sehen. A. FICK sah vertikale Linien in 4,6 Meter Entfernung deutlich und zugleich horizontale in 3 Meter, HELMHOLTZ die vertikalen in 0,65 Meter, horizontale in 0,54 Meter Entfernung.

Wenn die grösste dieser Sehweiten  $P$  ist und bei demselben unveränderten Akkommodationszustande die kleinste für eine andere Linienrichtung  $= p$ , so messen wir als Maass des Astigmatismus

$$As = \frac{1}{p} - \frac{1}{P}.$$

Je grösser  $As$  kleiner als  $\frac{1}{40}$ , bringt es noch keine erheblichen Störungen des Sehens hervor, wenn es aber grösser ist, so wird die Gesichtsschärfe wesentlich beeinträchtigt.

Astigmatische Augen bedürfen zur Korrektur Gläser mit cylindrischen Flächen: Cylindrische Brillen, die nur nach einem Meridian gekrümmt sind und deren Brennweite nach der Grösse  $As$  gleich gross wählt. Man stellt die geradlinigen Cylinderkanten, wenn die cylindrische Krümmung convex ist, der Richtung der entferntesten deutlich gesehener Linien parallel oder senkrecht darauf, wenn die cylindrische Krümmung konkav. Die zweite Fläche der Cylinderlinsen kann man sphärisch, konkav oder konvex, schleichen, sodass durch dasselbe Glas die gleichzeitig etwa vorhandene Myopie oder Hypermetropie corrigirt wird.

## 2. Chromatische Abweichung, Farbenzerstreuung.

Bei dem Auge wird gewöhnlich die Farbenzerstreuung fast gar nicht bemerklich, trotzdem dass die Farbenzerstreuung der Augenmedien wohl sogar etwas grösser als die des klaren Wassers ist. FRAUNHOFER entdeckte, dass das Auge verschiedene Brennweiten für verschiedenfarbige einfache Strahlen besitzt. Er bemerkte bei der Betrachtung des prismatischen Spektrums durch ein achromatisches Fernrohr, in dessen Okular ein feines Fadenkreuz angebracht war, dass er die Okularlinse dem Fadenkreuz näher rücken musste, um dies deutlich sehen zu können, wenn er den violetten Theil des Spektrums im Gesichtsfeld hatte, als wenn er den rothen betrachtete. HELMHOLTZ liess ein rothes Licht eines Spektrums durch eine punktförmige Oeffnung in einen dunklen Schirm fallen, und bestimmte die Entfernung, in welcher die kleine Oeffnung noch punktförmig gesehen werden konnte; die grösste Sehweite seines Auges für rothes Licht betrug 1 Fuss, für violettes  $1\frac{1}{2}$  Fuss, und für das brechbarste Ultraviolett der Sonne, welches durch die Abblendung des helleren Lichtes des Spektrums sichtbar gemacht wurde, nur einige Zoll. MATHIESEN berechnet den Abstand des rothen und violetten Brennpunkts im mensch-



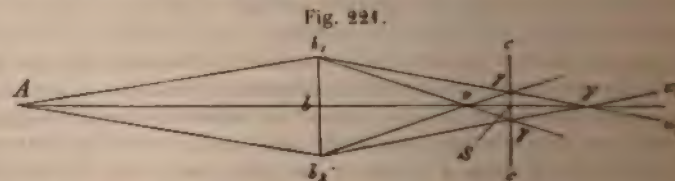
lichen Auge auf 2,58 bis 0,62 Mm., während er in einem Auge von desmiopie gleich 0,434 Mm. sein würde.

Benützung der chromatischen Aberration des Auges zur Bestimmung der Akkommodationsbreiten. Violette Gläser absorbieren die mittleren Strahlen des Spektrums ziemlich vollständig und lassen nur die äussersten Farben roth und violett. Befestigt man ein solches Glas hinter eine enge Oeffnung in einem dunklen Schirm, erscheint die vom Tageslicht beleuchtete Oeffnung des Schirmes dem Auge als leuchtender Punkt, der nur rothe und violette Strahlen aussendet\*. In der Entfernung, für die ein Auge akkommodirt ist, erscheint der Punkt verschoben. Für die rothen Strahlen akkommodirt, so gehen die violetten einen Zerstreuungskreis, es erscheint ein rother Punkt mit violetterm Lichthof. Ist umgekehrt das Auge für die violetten Strahlen akkommodirt, so gehen die rothen einen Zerstreuungskreis, und es erscheint ein violetter Punkt mit rothem Hofe. Nur dann, wenn das Auge für keine der beiden genau akkommodirt ist, und zwar so, dass der Vereinigungspunkt der violetten Strahlen der der rothen hinter der Netzhaut liegt, kann, wenn die beiden Zerstreuungskreise decken, der Lichtpunkt einfarbig violett erscheinen. Bei diesem Brechungszustand werden diejenigen Strahlen auf der Netzhaut vereinigt, deren Brechbarkeit die mittlere zwischen der der rothen und der violetten hält, also die grünen.

Man hat darin (HELMHOLTZ, CZERMAK) ein Mittel von ziemlich grosser Empfindlichkeit, die Entfernungen zu bestimmen, innerhalb welcher das Auge das gemischte rothe und violette Licht einfach sehen kann. Die Farhendifferenz wird auch von Ungeübten ziemlich bemerkt. Ist das Auge für Licht jeder Brechbarkeit auf grössere Entfernung als die des leuchtenden Punktes akkommodirt, so ist der Zerstreuungskreis der rothen Strahlen grösser als der der violetten. Man erblickt dann eine violette Scheibe mit rothem Saum. Ist umgekehrt für kleinere Entfernungen eingestellt, so erscheint ein rother Zerstreuungskreis mit blauem Saume.

Bei weisser Beleuchtung macht sich die Farbenzerstreuung, wie gesagt, nicht so bemerklich. Jenseits des Fernpunktes erscheinen, analog den Beobachtungen an einem violettem und rothem Lichte, weisse Flächen mit einem schwachblauen Rande umgeben. Ist man näher als der Akkommodationspunkt, so zeigen sie einen schwachen rothen Rand. Gegenstände, für die man genau akkommodirt ist, zeigen bei freier Pupille farbige Ränder. Schiebt man aber dicht vor das Auge den Rand eines undurchsichtigen Blattes, und verdeckt dadurch der einen Hälfte der Pupille das Licht, so erscheint die Grenze zwischen einem weissen und schwarzen Bilde gelb gefärbt, wenn man das Blatt von der Seite vor die Pupille schiebt, wo das schwarze Feld liegt, blau gesäumt, wenn man es von der Seite des weissen Feldes her vorschiebt.

Alle Farbenzerstreuungsphänomene erklären sich dadurch, dass in Folge der chromatischen Aberration (S. 732) der hintere Brennpunkt der violetten Strahlen vor dem der rothen liegt (Fig. 224).



in  $b_1 b_2$  schneiden. Die Figur zeigt, dass, wenn die Netzhaut vor der Ebene  $cc$  sich in  $\gamma$  befindet, d. h. wenn das Auge für fernere Gegenstände als  $A$  akkomodirt ist, die Netzhaut am Rande des Strahlenkegels nur von rothem Lichte, in der Axe aber von gemischtem getroffen wird. Steht sie in der Ebene  $cc$ , d. h. ist das Auge für Strahlen mittlerer Brechbarkeit von  $A$  akkomodirt, so wird sie überall von gleichmässig gemischtem Lichte getroffen. Endlich, wenn die Netzhaut sich hinter der Ebene  $cc$  in  $\gamma'$  befindet, das Auge also für nähere Gegenstände als  $A$  akkomodirt ist, so trifft sie am Rande des Strahlenbündels nur violettes, in der Mitte gemischtes Licht. Geht vom leuchtenden Punkt  $A$  weisses Licht aus, so schalten die übrigen Farben zwischen roth und violett ein, wodurch die Wirkungen der Farbenzerstreuung die gleichen bleiben, aber weniger auffallend werden (HELMHOLTZ).

### Entoptische Wahrnehmungen.

Unter gewissen Bedingungen macht (HELMHOLTZ) das in das Auge einfallende Licht eine Reihe von entoptischen, im eigenen Auge selbst befindlichen Gegenständen sichtbar. Für die Beobachtung des hinter der Pupille gelegenen Augentheiles bildet die Pupille eine leuchtende Fläche von relativ grosser Ausdehnung. Bekanntlich werfen, wenn Licht von einer sehr kleinen Fläche ausgeht, nur breite Gegenstände, oder solche, welche der den Schatten erzeugenden Fläche sehr nahe sind, einen sichtbaren Schatten. Die Gefässe der Netzhaut befinden sich so nahe an der lichtempfindenden Fläche des Auges, dass sie immer ihren Schatten auf die hinter ihnen liegenden Theile derselben werfen müssen. Aber eben weil diese hinter den Gefässen liegenden Theile der Netzhaut immer beschattet sind, weil beschattete Zustand für sie der normale, gewohnte ist, kann der Gefässschatten nur unter besonderen Umständen wahrgenommen werden.

Man muss, um die kleinen, schattengebenden Körperchen in den durchsichtigen Theilen des Auges wahrzunehmen, Licht von einer sehr kleinen, leuchtenden Stelle, welche sehr nahe vor dem Auge sich befindet, in das Auge fallen lassen. Zu dem Zwecke genügt es, das Bild einer kleinen Sammellinse entworfene Bild einer fernen Lichtflamme nahe vor das Auge zu bringen, oder ein kleines gut polirtes metallenes Knöpfchen, welches von der Lampe oder der Lampe beschienen wird, oder nur einen Schirm von dunklem Papier, welcher das Licht durch eine sehr kleine Oeffnung fallen lässt (HELMHOLTZ).

Liegt der leuchtende Punkt  $a$  wie zwischen dem vorderen und seinem vorderen Brennpunkt  $f$ , so entstehen die Augenmedien ein entfernteres, vor dem Auge liegendes Bild  $\alpha$  von  $a$ , und die Strahlen durchdringen den Glaskörper in Richtungen, welche von  $a$  aus divergiren. Unter diesen Umständen wird auf einem im Glaskörper befindlichen dunklen Körper ein vergrössertes Schattenbild  $\beta$  auf der Netzhaut geworfen.

Liegt dagegen der leuchtende Punkt wie in Fig. 222 im vorderen Brennpunkt des Auges, werden die von ihm ausgegangenen Strahlen im Glaskörper parallel, das Schattenbild gleichgross wie der schattenwerfende Körper. Ist schliesslich der leuchtende Punkt vom Auge weiter entfernt als der vordere Brennpunkt des Auges  $f$ , so fällt das Bild von  $a$  hinter das Auge nach  $\alpha$  und die Strahlen konvergiren im Glaskörper nach  $\alpha$  hin. Das Schattenbild wird dann kleiner als sein Objekt  $b$ . Dem entsprechend vergrössern sich die entoptisch sichtbaren Gegenstände scheinbar bei der Annäherung des Auges an den leuchtenden Punkt, im umgekehrten Falle werden sie kleiner.

Bei jeder Stellungsveränderung des Auges oder des leuchtenden Punkts verschieben sich die Schatten der Körper, welche, verschieden weit von der Netzhaut, abstecken in verschiedener Weise. Daraus lehrte LISTING ihren Ort im Auge annähernd zu bestimmen. Der kreis-

Fig. 222.





Augen gleichzeitig gegen einen dunklen Hintergrund, so wird durch das von der Sclerous in das Auge gelangende Licht der Schatten der Gefässe auf Netzhautpartieen geworden, die nicht gewöhnlich von dem Gefässschatten getroffen werden, die Beschattung also einen veränderten Zustand zur Empfindung bringen können. Das Gesichtsfeld erscheint selbst erleuchtet, und es erscheint darin ein zartes Netz baumförmig verzweigter Gefässe: (KUNZE'sche Aderfigur). Bewegt man den Brennpunkt auf der Sclerotica hin und her, so zeigt sich im gleichen Sinne auch die Aderfigur. In der Mitte des Gesichtsfeldes, dem Fixationspunkt entsprechend, zeigt sich eine gefässlose Stelle der Netzhaut, es ist dies die Stelle direkten Sehens, sie zeichnet sich durch besonderen Glanz aus und durch ein Aussehen schagrinirtes Leder (H. MÜLLER). Man kann die Netzhautgefässe auch wahrnehmen, wenn man auf einen dunklen Hintergrund blickt und dabei unterhalb oder seitlich vom Auge ein brennendes Licht hin und her bewegt. Der Gefässbaum zeigt sich dann nur während der Bewegung des Lichtes. Auch hier zeigt sich die Netzhautgrube als eine helle Scheibe mit einem runderförmigen Schatten in der Mitte des Gesichtsfeldes (H. MÜLLER). Eine dritte Medaille besteht darin, dass man durch eine enge Oeffnung, die man von der Pupille schnell hindurch bewegt, nach dem hellen Himmel oder nach einer anderen breiten, lichten Stelle blickt.

Dass wir für gewöhnlich die Gefässschatten nicht sehen, erklärt HELMHOLTZ daraus, dass die Empfindlichkeit der beschatteten Stellen grösser ist als die der übrigen Theile der Netzhaut, sodass bei ihnen die um den Werth des Gefässschattens verminderte Lichtintensität so stark erregend wirkt, wie an den übrigen Netzhautstellen die unverminderte Lichtstärke. Verändern wir den Ort des Schattens, so wird derselbe nun wahrnehmbar, weil die stärkere (um den Gefässschatten verminderte) Beleuchtung nun auf ermüdete, weniger reizbare Netzhautelemente fällt. Die reizbareren, früher beschatteten Netzhautelemente finden die volle Beleuchtung stärker, daher rührt es, dass im Anfang des Versuchs der Gefässbaum zuweilen hell auf dunklem Grunde erscheint. Die Schwankungen in der Reizbarkeit gleichen sich sehr rasch aus, sodass nur bei beständigem Wechsel in der Beschattung der Netzhaut die beschriebenen Erscheinungen wahrgenommen werden können. Bei sehr greller Beleuchtung des Auges, z. B. durch Schneeflächen, erscheinen entopoptisch auch die Blutkörperchen in den Netzhautkapillargefässen (cf. unten).

### Augenleuchten und Augenspiegel.

Das auf die Netzhaut fallende Licht wird zum Theil von dem Pigmente der Aderhaut absorbiert, zum kleineren Theil kehrt es reflektirt durch die Pupille nach aussen zurück. (HELMHOLTZ) nehmen wir Nichts von diesem reflektirten Lichte wahr. Wenn wir das Auge eines Anderen oder unser eigenes im Spiegel beobachten, so erscheint die Pupille als ein schwarzes Bild. Der Grund liegt darin, dass bei dem Auge wie bei allen Systemen brechender Medien, welche ein genaues Bild eines Gegenstandes entwerfen, das reflektirte Licht in dem Bildpunkte nur auf demselben Weg, auf dem es eingefallen, wieder zurückkehren muss. Fixirt sonach ein Auge genau einen Gegenstand, so vereinigen sich die von dem Gegenstand hintergrunde reflektirten Strahlen auch wieder genau in dem Objektpunkte. Um das von dem Auge reflektirte Licht zu sehen, müsste sich der Beobachter zwischen das gesehene Objekt und das beobachtete Auge hineinstellen, was so ohne weiteres natürlich nicht anging, ohne dem beobachteten Auge das Licht abzuschneiden. Ist das beobachtete Auge für die Pupille des Beobachters akkommodirt, so wird ein Bild der schwarzen Pupille des Beobachters auf der Netzhaut des beobachteten Auges entworfen, welches von den Augenmedien genau wieder auf der Pupille des Beobachters reflektirt wird. Dieser sieht sonach in der beobachteten Pupille nur den Widerschein seiner eigenen, also schwarz. Daher scheint gewöhnlich die Pupille und der Augenhintergrund schwarz, und man erkennt erst einmal die stärker Licht reflektirenden Theile, wie die Sehnerveneintrittsstelle, die Aderhaute etc. Bei Albinos, denen das Pigment der Choroidea fehlt, sieht man dagegen die Augen

leuchten, weil das durch die Sclerotica einfallende Licht diffus reflektirt wird. Auch durch einen dunklen Schirm vor dem Auge, der nur eine der Pupille entsprechende Oefnung hat, das Licht von der Sclera ab, so erscheint auch bei Albinos die Pupille. Auch das Objectiv einer Camera obscura, erscheint aus den gleichen Ursachen, gesehen, schwarz, wenn nur ein Licht im Zimmer ist.

Es ist leicht einzusehen (HELMHOLTZ), dass der Beobachter von allen den Punkten der Netzhaut des beobachteten Auges Licht empfangen kann, auf welches das Zerstreuungsbild seiner eigenen Pupille fällt. Denken wir uns die Pupille des Beobachters als leuchtende Scheibe, deren Zerstreuungsbild im beobachteten Auge entstehen würde, so gehen Lichtstrahlen von einem oder mehreren Punkten dieser leuchtenden Scheibe nach jedem Punkte ihres Zerstreuungsbildes hin, es können also auch rückwärts Lichtstrahlen nach mehreren Punkten der leuchtend gedachten Pupille des Beobachters von jedem Punkte der Netzhaut, der dem Zerstreuungskreis angehört, gelangen. Der Beobachter wird also das beobachtete Auge leuchten sehen, so oft das Zerstreuungsbild seiner eigenen Pupille im beobachteten Auge zusammenfällt mit einem Theile des Zerstreuungskreises des beobachteten Gegenstandes. Die Pupille eines beobachteten Auges erscheint daher rot, wenn der Beobachter dicht am Rande einer Lichtflamme vorbei, deren Strahlen durch einen dunklen Schirm von seinem eigenen Auge abhält, um nicht geblendet zu werden, nach dem Auge eines Andern blickt, das für eine nähere oder viel weitere Entfernung accommodirt oder nur etwas seitwärts gerichtet ist.

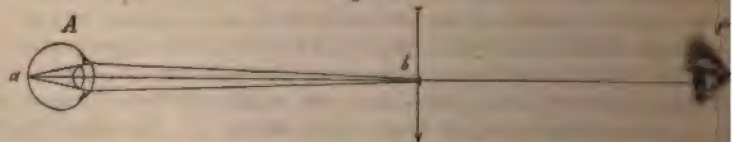
Das Augenleuchten kommt noch besser zur Wahrnehmung, wenn man nicht das Licht der Flamme in das Auge fallen lässt, sondern von einer durchsichtigen Fläche, etwa einer Glasplatte, reflektirt, wobei der Beobachter durch die Platte hindurch sehen kann. Das aus dem Auge zurückkehrende Licht wird durch einen Spiegel nach der Lichtquelle reflektirt, z. Th. geht es aber auch durch die Platte und in die Pupille des Beobachters, der das betreffende Auge nun leuchten sieht. Anstatt der Glasplatten kann man auch belegte Spiegel oder Metallspiegel, an denen man eine enge Oefnung zum Durchsehen angebracht hat, benutzen. Trotz des Leuchtens des beobachteten Auges kann der Beobachter bei diesen Versuchen doch für gewöhnlich nichts Genaueres in dem beobachteten Auge unterscheiden, weil er für das Bild, welches die Augenmedien vom Hintergrunde des beobachteten Auges entwerfen, nicht genau akkomodiren kann. Um letzteres zu erreichen müssen noch passende Glaslinsen hinzugenommen werden: Augenspiegel.

Der Augenspiegel, Ophthalmoskop besteht aus einer Zusammenstellung eines Reflektors (Spiegel) mit solchen passenden Glaslinsen. Mit seiner Hilfe kann man Bilder auf der Netzhaut und vor allem Theile der Netzhaut selbst deutlich sehen und untersuchen.

Man kann verschiedene Mittel anwenden, um ein deutliches Bild des Augenhintergrundes zu erhalten.

Ohne Gläser geht es, wie gesagt, für gewöhnlich gar nicht.

Fig. 223.



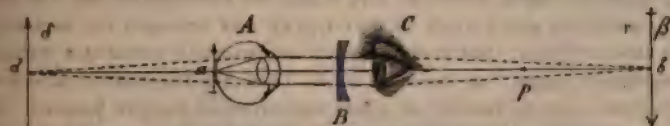
In der Figur (223) ist A das beobachtete Auge, a ein Punkt seiner Netzhaut, in welchem das Licht der Flamme einfallt, in der Entfernung, in welcher das beobachtete Auge sieht, das Bild der Netzhautstelle ist verkehrt und vergrößert. Ein Beobachter (B) (seiner Sehweite) betrachten, das Gesichtsfeld wird aber dann, da es durch die Linse (a) des beobachteten Auges begrenzt wird, in dieser Entfernung so klein sein, dass er nicht erkennen kann.



Man kann das Bild des Augenhintergrundes auf zwei Weisen darstellen: 1) aufrecht virtuell, durch eine konkave Linse, oder 2) reell und umgekehrt durch eine konvexe Linse.

Zur Darstellung im aufrechten virtuellen Bilde verwendet man eine Konkavlinse  $B$ , deren Brennweite  $Bp$  kleiner ist als die Entfernung des Punktes  $b$  von ihr; solche macht die von  $A$  nach  $b$  hin konvergierenden Lichtstrahlen divergent, so als ob sie aus einem scheinbar bei  $d$  im Rücken des beobachteten Auges liegenden Punkt her.

Fig. 224.



$p$  = Brennweite der Linse.

$a = Bb$  (Abstand der Linse vom eigentlichen Bilde des Augenhintergrundes)

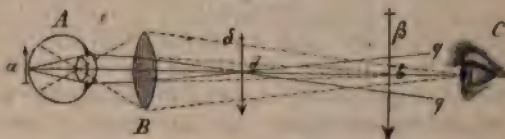
$y = d'B$  (Abstand von dem durch die Linse entworfenen Bilde)

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{y} = \frac{1}{p}.$$

ist gleich der Sehweite des Beobachters, die Entfernung des Punktes  $b$  richtet sich nach der Sehweite des untersuchten Auges. Aus der Gleichung ist die Linse zu berechnen, zur Beobachtung nöthig ist.

Zur Darstellung im reellen umgekehrten Bilde bringt man nahe vor das untersuchte Auge eine Konvexlinse von 1–3 Zoll Brennweite. Die aus dem Auge nach  $b$  konvergierenden Strahlen werden noch schon in einem dem untersuchten Auge viel näheren Punkt  $d$  zur Vereinigung gebracht. Beobachtende Auge kann dem untersuchten Auge nun entsprechend viel näher gebracht werden ohne Linse und kann dabei doch

Fig. 225.



$$\frac{1}{a} - \frac{1}{y} = \frac{1}{p}.$$

BRUNN und HEYMANN haben Autophthalmoskope konstruirt.

### Zur historischen Entwicklung der Lehre vom Sehen.

NACH (HELMHOLTZ) der Meinung der Platoniker und Stoiker von dem Wesen der Gesichtswahrnehmungen, an welche sich ROGER BACON anschliesst, treffen Lichtstrahlen, die von dem Auge ausgehen, auf Lichtstrahlen, welche von sichtbaren Objekten kommen und kehren von dort dem Gefühle der Gegenstände wieder zurück. Die Epikureer dachten sich kleine Körnchen, die Peripatetiker unkörperliche Bilder von den sichtbaren Gegenständen ausströmend.

ARISTOTELES lehrte, dass ein unkörperliches Wesen das Sehen bedinge. Das Auge sah nicht die Materie selbst wahr, sondern nur einen Schein derselben, wie den Abdruck eines Siegels in Wachs. Die Meinung des ARISTOTELES hielt sich in realistischer Umsetzung lange, wir finden sie noch bei ORIBASIOS und CELSUS, man behauptete, die Objekte machten einen Eindruck auf die zunächstliegende Luft, diese auf die angrenzende, und so bis zur Krystalllinse, welche man für das Hauptorgan des Sehens hielt. CARTESIUS substituirt zuerst für Luft ein hypothetisches, ätherisches Medium. Er glaubte, das Sehen sei bedingt durch die Schwingungen eines überall verbreiteten also auch im Auge befindlichen Aethers, welche durch feine Nervenfasern dem Sensorium zugeleitet würden. Die Drucke gegen den feinen Aether und erzeuge hierdurch seine Schwingungen.

MAUROLYCUS verglich die Krystalllinse des Auges mit einer Glaslinse, welche Strahlen der Axe zu breche. PORTA, der Erfinder der Camera obscura, verglich die seinem Instrumente, glaubte aber, dass das optische Bild auf der vorderen Linse geworfen würde. Erst KEPLER, der Entdecker der Theorie der optischen Instrumente, dass auf der Netzhaut das Bild entstehen müsse. Als Bedingung des Sehens stellt er auf, dass die Strahlen eines leuchtenden Punktes auf einem Punkte der Netzhaut vereinigt werden. Nach seiner Lehre werden die von den gesehenen Objekten kommenden Lichtstrahlen nach dem Gesetze der Brechung für durchsichtige Medien an den Oberflächen zunächst durch Hornhaut und wässrige Feuchtigkeit der Ase gebrochen, durchkreuzen sich in der Linse und erzeugen ein verkehrtes, umgekehrtes Bild auf der Retina. Der Jesuit SCHEINER demonstirte zuerst das Netzhautbild an ausgeschnittenen Augen, an denen er einen Theil der Augenhaut entfernte. Im Jahre 1623 stellte er diesen Versuch an einem menschlichen Auge zu Rom an. Seiner zur Erklärung der Akkommodation ist noch heute ein Grundversuch. Gegen KEPLER'sche Theorie, welche von nun an zwar ziemlich allgemeine Geltung erhielt, noch mannichfacher Widerspruch. Man leugnete einerseits das Netzhautbild, dem nicht ausgeschnittenen Auge die Bedingungen zur Erzeugung eines solchen zu geben (MÜLLER, CAMPBELL), auf der anderen Seite schloss man sich an die Meinung an, nach der im Glaskörper ein räumliches Bild entstehen solle. PLACER bildete auf der Hornhaut durch Spiegelung entstehende Bild für das Objekt des Sehens. J. READE durch die Nerven der Hornhaut empfunden wurde. Nach ASHESHOFF ist die Netzhaut als Hohlspiegel, sie reflektirt das Bild gegen den Glaskörper, welcher auf die Sehnerven wirke.

Die Akkommodationsfähigkeit des Auges hat zu vielen Streitigkeiten Anlass gegeben. MÜNCKE stellt (1827) die Möglichkeiten, auf welchen die Akkommodation beruhen könnte, zusammen: entweder muss, angenommen die Retina selbst beweglich fest, die Krystalllinse sich der Retina bei Betrachtung entfernter Gegenstände bei naheren sich weiter von ihr entfernen, oder die Krystalllinse ändert ihre Form, flacher beim Anblick entfernter, konvexer bei dem naheren Gegenstande, oder sich die Form des Auges und die Krümmung der Hornhaut in der Art, dass für nahe Objekte das Auge flacher, für nahe konvexer oder länger wird. Ausser diesen drei Meinungen wurde noch eine vierte vertheidigt, welche die Akkommodation auf der Verengerung der Pupille beruht.

KEPLER glaube, wie ALBINUS, dass bei der Akkommodation für die Nähe der Glaskörper durch seine Zusammenziehung auf den Glaskörper drücke, wodurch die Linse vorwärts gerückt wurde. Nach PORTERFIELD (1759) wäre diese Kontraktion des Glaskörpers muskulös, nach ZINN träte sie durch vermehrten Flüssigkeitszufluss ein. Des CARTESIUS vertraten die Meinung, dass durch die Kontraktion des Strahlenkörpers die Linse konvexer werde. PEMBERTON und YOUNG glaubten, die Aenderung in der Konvexität der Linse beruhe auf Kontraktionen muskulöser Fasern in der Linse selbst ein. MOLINEY meinte, dass die Kontraktion der vier geraden Augenmuskeln das Auge verkürzt und dadurch für die Betrachtung entfernter Gegenstände geeigneter werde. BOERHAAVE glaubte umgekehrt, dass die Kontraktion eine Verlängerung des Augapfels zur Akkommodation für die Nähe bewirke, hatte eine stärkere Krümmung der Hornhaut für das Nahesehen postuliert. Die grosser Genauigkeit ausgeführte Messungen (1804) bewiesen, dass weder die Kontraktion der Hornhaut, noch die Länge der Augenaxe sich bei der Akkommodation ändern. F. V. HALLER vertheidigte wie LE ROY die Meinung LA BIENNE's, dass die Verengerung der Pupille die Akkommodation für die Nähe bewirke, auch bei der Accommodation würden die Bilder naher Gegenstände deutlicher, wenn man die Öffnung verengte, wie auch MAGENDIE, leugnen sogar die Akkommodation ganz (das Nahesehen beruht auf der Konvergenz der Sehnerven, physiologische Optik).

Ueber den Gebrauch von Brillengläsern findet sich die erste Notiz bei



XXXVII. c. 3). Er erzählt von gewissen Smaragden, «dass sie das Gesicht sammeln» (colligere) und deshalb nicht geschnitten werden dürften, und dass der Kaiser Nero, der kurzsichtig war, durch einen solchen Smaragd die Kämpfe der Gladiatoren betrachten pflegte. Im Anfange des 14. Jahrhunderts wurden die Brillen als neue Erfindung betrachtet. Ein Florentiner Edelmann, SALVINUS ARMATUS, gest. 1317, wird in einer Grabschrift als Erfinder der Brillen bezeichnet. ALEXANDER DE SPINA, ein Arzt aus Pisa, † 1313, soll bei Jemand, der ein Geheimniss daraus machte, Brillen gemacht und sie nachgemacht haben. MAUROLYCUS versuchte eine Theorie der Brillen, erst LEE gab die vollständig richtige.

### III. Die Gesichtsempfindungen.

#### Die Reizung des Sehnervenapparates.

Ein Theil des Nervenapparates des Körpers (HELMHOLTZ) besitzt die spezifische Eigenschaft, dass durch seine Erregung Empfindungen entstehen, welche dem Gesichtssinne angehören, und welche wir im Allgemeinen als **Lichtempfindungen** bezeichnen. Wir nennen den die Lichtempfindung vermittelnden Abschnitt des Nervensystems, zu welchem die Netzhaut, der Sehnerv und ein noch genau abgegrenzter Theil des Gehirnes gehört, in welchen die Sehnerven eintreten, nach J. MÖLLER die **Sehsinnssubstanz** oder den **Sehnervenapparat**. Das häufigste und wichtigste Reizmittel für den Sehnerv ist das **klare Licht**. Die Netzhaut und der Sehnerv liegen vor mechanischen Einwirkungen geschützt, innerhalb fester Umhüllungen, die jedoch zum Theil dem Licht durchgängig sind. Die Reizung der Netzhaut und des Sehnerven ist daher mit überwiegender Häufigkeit durch Licht. Wir bezeichnen den Theil der Aetherschwingungen, welcher im Auge Lichtempfindungen hervorruft, als **Licht**, ein Name, der eigentlich nur der dadurch erregten Empfindung zugetheilt werden sollte. Aetherschwingungen, die sich von dem Lichte nur durch eine verschiedene Schwingungsdauer unterscheiden, die unsere Sehsinnssubstanz nicht, wohl aber unseren Wärmesinnapparat erregen, bezeichnen wir als **Wärme**. Der Unterschied zwischen Licht und Wärme ist also nur ein quantitativer, kein qualitativer, wie uns unsere Sinnesempfindungen vortäuschen. Jede beliebige Reizung des normalen Sehnervenapparates ruft ebenso wie die durch objektives Licht Lichtempfindungen hervor. Sie treten abgesehen von der Lichtreizung ebenso ein durch Reizung aus «inneren Ursachen» wie durch mechanische, elektrische und chemische (?) Erregung.

Bei plötzlicher mechanischer Erregung, z. B. durch Schlag oder Stoss auf das Auge, erscheint, besonders lebhaft im Dunklen, ein blitzartiger, oft sehr heller, aber rasch wieder verschwindender subjektiver Lichtschein über das ganze Gesichtsfeld hin. Bei starker Druck mit einer stumpfen Spitze gegen den Augapfel, erzeugt an der dem Druck entsprechenden Netzhautstelle eine begrenzte Lichterscheinung mit hellem Centrum, meist umgeben von einem dunklen und einem hellen Kreise: ein **Druckbild**, **Phosphen**. Nach den schon mehrmals erwähnten Gesetzen, nach welchen wir die Reizung der Netzhaut aussen in das Gesichtsfeld zu verlegen pflegen, erscheint die Druckfigur, wenn man den Augapfel z. B. oben drückt, an der unteren Grenze des Gesichtsfeldes, drücken wir ihn von innen, so erscheint sie oben und aussen. Uebt man längere Zeit einen möglichst

gleichmässigen Druck auf den Augapfel aus, so erscheinen nach kurzer Zeit wie lichtglänzende Figuren im Gesichtsfelde in veränderlich phantastischem Spiegle. Man das Auge gegen helle Objekte, so herrscht dann im ersten Momente Dunkel, der sich erst allmählich in der Mitte des Gesichtsfeldes einzelne hellglänzende Objekte ausheben. Auf eine mechanische Ursache, auf Zerrung des Sehnerven an seiner Stelle, sind auch jene feurigen Ringe und Halbringe zurückzuführen, welche bei raschen Augenbewegungen, auftreten, besonders bei starker Drehung des Kopfes, wie man sie bei der Akkommodation für die Nahe auszuführen pflegt. (PARKINJE, CZERMAK) den schmalen Feuerring im Umkreis des Gesichtsfeldes, welche blitzt, wenn man im Finstern die Augen für das Sehen in nächster Nahe einstellt, dann plötzlich wieder für die Ferne akkommodiert. Akkommodationsphosphor: starker Akkommodation für die Nahe tritt beim Blick auf eine leuchtende Fläche Verdunkelung des Gesichtsfeldes ein, was auch auf eine dabei stattfindende mechanische Reizung hindeutet. Man hielt es früher für ein wunderbares Paradoxon, dass die Netzhaut, welche fähig ist, ein so feines Agens wie das Licht zu empfinden, für mechanische Misshandlungen ziemlich unempfindlich ist, d. h. dabei keinen der Tastempfindungen gehörigen Schmerz empfinden lässt. Es fehlt ihr aber nicht an Empfindlichkeit, die Form der Empfindung ist aber eine spezifische.

Aus sogenannten »inneren Ursachen« treten mannichfache Lichtempfindungen. Der Hauptsache nach mögen diese sogenannten inneren Ursachen mechanische Ursachen in der Sehsinns-substanz sein, z. B. vermehrter Druck des Blutes in den Gefässen der Augenflüssigkeiten. Manchmal, z. B. bei narkotischen Vergiftungen, kann es auch eine chemische Reizung durch Veränderung in der Zusammensetzung des Sehsinns sein. Manche dieser Erscheinungen sucht man wohl auch zu erklären durch Ausbreitung des Reizzustandes innerhalb der nervösen Centralorgane von anderen Theilen des Systems auf das Gebiet des Sehsinnes, nach dem Gesetze der Mitempfindung. Diesem Gesetze soll z. B. bei manchen Personen der Anblick grosser, heller Flächen erleuchteter Schneefelder, Kitzel in der Nase erregen. Derartige Mitempfindungen im Sehnervenapparate, z. B. bei Hypochondern, besonders von den Empfindungen der Eingeweide ausgehen zu können. Wahre Phantasmen, d. h. subjektive Lichterscheinungen kannter äusserer Objekte, scheinen öfters auch dadurch zu entstehen, dass von dem Gehirn, welche bei der Bildung von Vorstellungen thätig sind, aus inneren Ursachen entstandene Erregungszustände auf den Sehnervenapparat übertragen werden. Auch die auf inneren, mehr oder weniger krankhaften Vorgängen im Auge oder im Sehnerven beruhenden Lichterscheinungen nicht immer nur als unregelmässige Lichterscheinungen, sondern auch in Gestalt von Menschen, Thieren, Gegenden oder regelmässigen Motiven (NÄGELI, LE ROY).

Niemals ist das dunkle Gesichtsfeld auch bei gesunden Menschen von subjektiven Lichterscheinungen vollkommen frei. Man hat sie als Lichtchaos oder Lichtwirbel im dunklen Gesichtsfelde bezeichnet. Das Gesichtsfeld ist unregelmässig, die Lichterscheinungen wechseln, schwach beleuchtet, mit schwankenden Lichtflecken, Moosstielchen, Blättern, Nebelstreifen ähnlich, die besonders in unbekannten Räumen sich auch zu Phantasmen gestalten können. Häufig sehe ich das dunkle Gesichtsfeld mit ausserst feinen, aber regelmässig angeordneten Lichtpunkten, welche bei aufmerkamer Betrachtung regelmässige eckige Formen zeigen. Feine, ähnliche feine Punkte, welche sich bewegen und lichte Streifen hinterlassen. Bei raschem Erheben aus horizontaler Lage treten hier und da grössere, sich bewegende Funkenerscheinungen auf.

Schwankungen elektrischer Ströme sind für den Sehnervenapparat, wie für die übrigen Nerven, starke Erregungsmittel. Man darf, wegen der Nähe des Gehirns, bei Untersuchungen nur schwache Ströme verwenden. Schon bei Schliessung schwacher Ströme zeigen sich starke Lichtblitze, die bei gleicher Strom-



ter sind, wenn der Sehnerv in aufsteigender Richtung durchflossen wird (PEAFF). Leitet einen konstanten Strom dauernd durch den Sehnerv und das Auge (HELMHOLTZ), so treten Änderungen der Reizbarkeit ein, die ebenfalls nach der Stromrichtung verschieden sind. In einen schwachen aufsteigenden Strom wird das dunkle Gesichtsfeld des gesunden Auges heller als vorher und nimmt eine weisslich violette Farbe an. Im ersten Anblicke erscheint die Eintrittsstelle des Sehnerven als eine dunkle Kreisscheibe. Die Helligkeit nimmt schnell an Intensität ab und verschwindet ganz bei der Unterbrechung des Stromes, mit der Verdunkelung des Gesichtsfeldes stellt sich nun eine röthlich gelbe Färbung des Eigenlichtes der Netzhaut ein. Bei Schliessung des Stroms in absteigender Richtung wird sofort das Eigenlicht der Netzhaut dunkler und röthlich gelb gefärbt, die Eintrittsstelle des Sehnerven erscheint als blaue Scheibe auf dunklem Grunde. Bei Unterbrechung des Stromes hellt sich das Gesichtsfeld wieder auf und erscheint nun bläulich erleuchtet, der Sehnerveneintritt dunkel. Lässt man die Elektrizität durch einen isolirten Zuleiter unmittelbar in den Augapfel selbst eintreten, so erscheint die Hälfte des Gesichtsfeldes, wechselnd mit der Stromrichtung, hell, die andere dunkel. HELMHOLTZ verbindet diese Abwechselung und Aenderung im Erregungszustande des Sehnerven durch den durchgehenden Strom mit den Phasen der Erregbarkeit im Elektrotonus. Die Erscheinungen lassen sich aus dem elektrotonischen Zustande der radial verlaufenden Nervenfasern der Netzhaut, wenn man annimmt, dass an ihrem hinteren Ende eine fortdauernde schwache Erregung durch innere Ursachen erhalten wird, wie eine solche in dem Eigenlichte der Netzhaut sich zu erkennen giebt. Da die Fasern von einem Mittelpunkte ausstrahlen, so werden, wenn ein elektrischer Strom die Netzhaut durchsetzt, die entgegengesetzt verlaufenden Fasern in die entgegengesetzten Elektrotonusphasen verfallen müssen, da die einen aufsteigend, die andern absteigend durchströmt werden. So wird also auf der einen Seite des Netzhautcentrums Erhöhung, auf der anderen Verminderung der Erregbarkeit herrschen, was den obigen Angaben entspricht. Bei sehr starken Strömen sah RITTER eine Umkehr der beschriebenen Färbung des Netzhaut eigenlichtes eintreten. Bei der zweiten Art der Erregung wirkt Stromunterbrechung zuerst kurz wie Stromumkehr.

### Die lichtempfindlichen Apparate.

Wie die übrigen Nervenapparate kann, wie wir sahen, der Sehnerv nur durch die allgemeinen Nervenreize in den Erregungszustand versetzt werden. Die Fähigkeit, durch objektives Licht erregt zu werden, ist dagegen ihm eigenthümlich. Das objektive Licht gehört nicht zu den allgemeinen Nervenreizen und selbst auch die Nervenfasern des Sehnerven und der Retina können dadurch nicht in Erregung versetzt werden. Nur in gewissen künstlichen Hilfsapparaten an den Enden der Optikfasern in der Netzhaut, in den Zapfen und Stäbchen vermag das objektive Licht den Anstoss zu einer Nervenirregung zu geben. Diese lichtempfindlichen Elemente der Netzhaut unterscheiden sich durch diese Fähigkeit der Lichtempfindung funktionell von allen übrigen Theilen des Nervensystemes. Sie sind nur im Stande, auf eine für uns noch unbekannte Weise das Licht in einen Nervenreiz umzusetzen. Nur soviel steht darüber fest, dass erst sekundär, in gewisser durch das Licht in den lichtempfindlichen Apparaten hervorgerufener Veränderungen die mit ihnen verbundenen Fasern des Optikus gereizt werden. Wir wissen aber noch nicht, ob diese reizenden Veränderungen in einer mechanischen Vibration bestehen, oder in einer elektrischen Umlagerung der Moleküle auf eine Weise, wie sie bei der Reizung die elektromotorischen Moleküle der Mus-

keln und Nerven nach E. DE BOIS-REYMOND erleiden, oder in einer Linie oder ob, wie man gegenwärtig vielfach geneigt scheint anzunehmen, empfindliche Netzhautschichte ein photochemischer Apparat ist.

Der Beweis dafür, dass die Nervenfasern der Retina nicht direkt durch Licht erregt werden können, ist durch den Nachweis des blinden Flecks geführt worden. An der Stelle, an welcher der Sehnerv in das Auge eintritt, liegt die Masse der Nervenfasern frei gegen die durchsichtigen Theile des Auges gekehrt, sie ist so durchscheinend, dass das Licht, welches auf sie fällt, in sie eindringen kann. Hier fehlt aber, wie wir wissen, die Stäbchen- und Zapfenschichte und es zeigt sich, dass das Licht, welches auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt, nicht empfunden wird (Fig. 226).

Fig. 226.



Schliesst man das rechte Auge und fixirt scharf, ohne mit dem Blicke zu schwanken, mit dem linken Auge das weisse Kreuzchen in der oberen Figur und bringt das Buch in der gewöhnlichen horizontalen Blicklinie in eine Entfernung von etwa einem Fuss vom Auge, so findet man eine gewisse Stellung, in welcher der weisse Kreis gänzlich verschwindet und der schwarze Grund ununterbrochen erscheint. Ebenso kann man den weissen Kreis gelegten, weissen, schwarzen oder farbigen Gegenstände von gleicher Helligkeit verschwinden lassen. Es existirt sonach im Gesichtsfelde und entspricht der Eintrittsstelle des Sehnerven in die Netzhaut eines jeden Auges eine gewisse Stelle, an welcher nicht gesehen wird, ein blinder Fleck. Diese Stelle ist, wie man aus den optischen Bestimmungen, sowie aus objektiven und subjektiven Beobachtungen mit dem Augenspiegel (DONDER, COCCUS) findet, eben die Eintrittsstelle des Sehnerven. Der Versuch zeigt uns, dass der blinde Fleck, entsprechend der Lage des Sehnerveneintritts, im Gesichtsfelde nach aussen vom Fixationspunkte in der Netzhaut sonach gegen die Nasenseite zu von dem Orte des Sehens, des gelben Flecks gelegen sei. Seine Form ist eine wenig unregelmässige Ellipse, an der sich noch einige schmale Ansätze, die ziemlich weit in das Feld der Netzhaut hineinragen, die Anfänge der grösseren Gefässe erkennen lassen. Zur weiteren Bezeichnung der Grösse des blinden Flecks führt HELMHOLTZ an, dass auf seinem Durchmesser neben 11 Vollmonde Platz haben würden, und dass in ihm ein 6 bis 7 Fuss hohes menschliches Gesicht verschwinden kann.

Ein direkter Beweis dafür, dass nur die hinteren Schichten der Netzhaut die Lichtempfindlichkeit besitzen, ergibt sich daraus, dass wir im Skotom entoptisch den Schatten der Netzhautgefässe wahrzunehmen. Letztere liegen in der Schichte der Nervenfasern, und ihre feinen Verzweigungen treten in



te der Nervenzellen und in die fein granulirte Schichte ein. Aus den Bewegungen des Gefässschattens bei Bewegung der Lichtquelle mussten wir schliessen, dass die den Schatten empfindende Schichte in sehr geringer Entfernung hinter den Gefässen liege. H. MÜLLER berechnete diese Entfernung zu 0,17 bis 0,36 und seine Messungen ergaben, dass die Entfernung der Gefässe von der Netzhaut- und Zapfenschichte wirklich zwischen 0,2 bis 0,3 Mm. beträgt, sodass bewiesen ist, dass die lichtempfindliche Schichte in den äusseren Netzhautschichten zu suchen ist. Noch weiter anschaulich wird uns die Bedeutung der Stäbchen- und Zapfenschichte aus dem oben beschriebenen Bau des Netzhautflecks, in welchem die übrigen Netzhautschichten die bekannte Reduktion der Lichtempfindlichkeit zu, doch zeigt das alleinige Vorkommen von Zapfen im gelben Flecke, dem Ort des direkten und schärfsten Sehens, dass die Zapfen einen gewissen Vorzug vor den Stäbchen besitzen. Auch aus dem Grade der Genauigkeit, den das Sehen erreichen kann, rechtfertigt sich die Annahme, dass die Stäbchen und Zapfen die letzten empfindenden Elemente der Netzhaut sind. Das beste von E. H. WEBER untersuchte Auge konnte zwei weisse Striche, deren Mittellinien 0,00526 Mm. (= 73 Sekunden Gesichtswinkel) von einander entfernt, noch als gesondert unterscheiden; HELMHOLTZ gelingt die Unterscheidung bei stärkerer Beleuchtung und möglichst günstigen Umständen noch bei einem Abstand von nur 0,00464 Mm. (= 63" G. M.), nach den Angaben von HOOK kann ein gewöhnliches Auge erst zwei Sterne, deren scheinbarer Abstand von einander 38 Min. (= 60") beträgt, sicher als gesondert unterscheiden. Nach VOLK- und HIRSCHMANN bekommt man noch kleinere Werthe bis zu 0,00356 Mm. (= 50" G. W.). Nach Messungen von H. MÜLLER beträgt die Dicke der Zapfen im Netzhautflecke 0,0045—0,0020 Mm., nach M. SCHULTZE bis 0,0025, nach H. VON KRIES von 0,0034—0,0036 Mm. Ihre stabförmigen Enden fand SCHULTZE zu 0,0016 Mm. Ihre Feinheit reicht sonach für die Erklärung der Schärfe des Unterscheidungsvermögens des Auges aus.

Nach den Seitentheilen der Netzhaut zu nimmt die Unterscheidungsfähigkeit vom Netzhautcentrum aus ab, und zwar nach oben und unten schneller als nach der äusseren Netzhautseite hin (AUBERT und FÖRSTER). Da sich eine gleich starke Abnahme der Genauigkeit der optischen Bilder nach den Seitentheilen der Netzhaut zu, wie z. B. im Kaninchenaugen (S. 738), nicht findet, so scheint aus dieser Beobachtung hervorzugehen, dass überhaupt die Unvollkommenheit des Sehens auf den seitlichen Netzhauttheilen nicht sowohl von der grösseren Undeutlichkeit der optischen Bilder, als vielmehr von der geringeren Empfindlichkeit der Netzhaut abhängig sei.

Das Licht, welches auf ein einziges lichtempfindendes Netzhautelement fällt, wird auch eine einzige Lichtempfindung hervorrufen. Lichtstarke Objekte, auch von verschwindend kleiner, scheinbarer Grösse, wie die Fixsterne, können, obwohl ihre Grösse geringer ist als die eines lichtempfindenden Elementes, vom Auge wahrgenommen werden. Dagegen ist von selbst klar, dass zwei helle Punkte nur dann getrennt erkannt werden können, wenn der Abstand ihrer Bilder grösser ist als die Breite eines Netzhautelementes. Wäre der Abstand kleiner, so würden beide Bilder immer auf dasselbe oder auf zwei benachbarte Netzhautelemente fallen müssen. Im ersten Fall würden beide Lichtpunkte nur eine einzige Empfindung hervorrufen, im zweiten Fall zwar zwei, aber in benachbarten Elementen, wobei wohl keine Entscheidung möglich wäre, ob zwei gesonderte Lichtpunkte oder einer, dessen Bild die Grenze beider Elemente fällt, die Reizung verursachte. Ist der Abstand der beiden hellen

Bilder oder wenigstens ihrer Mitte von einander grösser als die Breite eines empfindenden Elements, erst dann können die beiden Bilder auf zwei verschiedene Elemente fallen, gegenseitig nicht berühren, und zwischen denen ein Element zurückbleibt, welches oder wenigstens schwächer als die beiden ersten von Licht getroffenen wird (Müller).

VOLKMANN schloss aus seinen oben erwähnten Versuchen, dass die Zapfen-Flecks nicht fein genug seien, um die Feinheit des Unterscheidungsvermögens, minimalgrösse an 30mal kleiner als die Zapfendurchmesser seien, zu erklären. In dieser Beziehung noch daran erinnert werden, dass der faserige Bau des Netzhauts Zapfen und ihrer nervösen Fortsätze darauf zu deuten scheinen. M. SCHULTZ, der eine feinere Struktur besitzen, die eine noch viel weiter gehende Unterscheidung erklären könnte, wenn wir diese Fasern als letzte empfindende Elemente betrachten.

Zur Prüfung der Feinheit des Unterscheidungsvermögens benutzte HELMHOLTZ ein feines, vor den hellen Himmel gestelltes Drahtgitter, bei welchem der Raum zwischen den schwarzen Drähten gleich breit war wie die Drähte selbst. Die Grenze des Unterscheidungsvermögens fand HELMHOLTZ eine auffallende Form der geraden hellen und dunklen Linien. Die weissen Streifen erschienen zum Theil lenförmig gekrümmt, zum Theil perlschnurförmig mit abwechselnd dickeren und dünneren Stellen. Er führt diese Unregelmässigkeit auf das Mosaik der Retina zurück, deren Durchschnitt etwa sechseckige Elemente bei reihenweise (linienförmig) stufenförmiger Anordnung nur je eines Netzhautelementes solche Krümmungen der erregenden Grenzlinie vortäuschen müsse. Es käme hierbei sonach die Gestalt der erregten Netzhautflächen direkt zur Beobachtung.

Zur ärztlichen Bestimmung der Sehschärfe werden in der Regel Karten von verschiedener Grösse benützt, welche man aus grösserer Entfernung und ohne Unterstützung der Akkomodation durch Brillengläser betrachten lässt. Man bezeichnet die Sehschärfe einen Bruch, dessen Zähler der Abstand ist, in welchem die Buchstaben noch gelesen werden konnten, dessen Nenner dagegen die Entfernung, bei der sie unter einem Winkel von 5 Winkelminuten erscheinen. Die letzteren Entfernungen sind bei den Buchstabenproben, welche SKELEN veröffentlicht hat, angegeben. Im Durchschnitt ist diese Genauigkeit nach DE HAAN im 40ten Lebensjahre gleich 4,0, im 80ten gleich 0,5, und nimmt mit steigendem Lebensalter ab. Bei sehr starker Beleuchtung und Korrektur des Astigmatismus findet man die Sehschärfe um  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{1}{4}$  grösser als DE HAAN (E. JAVAL).

### Farbenwahrnehmungen.

Die Lichteindrücke auf unser Sehorgan zeigen qualitative Verschiedenheiten. Das Sonnenlicht ist aus Licht von verschiedener Schwingungsdauer zusammengesetzt, welches sich in physikalischer Beziehung durch verschiedene Wellenlänge, Brechbarkeit und Absorptionsfähigkeit in gefärbten Substanzen unterscheidet. Subjektiv, physiologisch unterscheiden wir Licht von verschiedener Schwingungsdauer dadurch, dass es in unserem Auge die Empfindung verschiedener Farben erregt.

Lassen wir eine feine Lichtlinie des Sonnenlichtes durch ein Prisma treten, so zerfällt bekanntlich ihr prismatisches Bild: prismatisches Spektrum, dem Beobachter ein farbiges Rechteck, dessen der Lichtquelle zugekehrtes Ende roth, das entgegengesetzte Ende violett ist, dazwischen liegen, in einander übergehend, noch eine Reihe anderer Farben, zunächst am Roth Orange, dann Gelb, Grün, Blau, endlich Violett. Das Ende des Spektrums bildet das sehr lichtschwache Ultraviolett, das erst sichtbar wird, wenn es in den hellere Theil des Spektrums sorgfältig abgeblendet ist. Seine Farbe ist bei grosser Intensität indigoblau, bei grösserer bläulichgrau. Am leichtesten kann das Ultraviolett



anomene der Fluorescenz sichtbar gemacht werden, indem man das ultraviolette auf fluorescirende Stoffe, wie saueres schwefelsaures Chinin, mit Uran gefärbtes Glas, u. Kaliumplatincyanür etc. fallen lässt. Die ultravioletten Strahlen werden von diesen fluorescirenden Stoffen in gemischtes weisslichblaues Licht von mittlerer Brechbarkeit umgewandelt, für welches das Auge viel empfindlicher ist, als für das ultraviolette Licht selbst. Auf dieser letzten Seite können wir also das Spektrum, wie es scheint, bis zu seinem Ende wahrnehmen, auch auf der rothen Seite können wir durch vorsichtige Ablendung noch Theile des Spektrums zur Anschauung bringen, welche für gewöhnlich unsichtbar bleiben, doch reicht das Spektrum noch weiter als es vom Auge wahrgenommen werden kann, auf die rothen Strahlen folgen unsichtbare Wärmestrahlen. Der Grund ihrer Unsichtbarkeit scheint darin zu beruhen, dass sie von den Augenmedien absorbiert werden. Nach den Versuchen von Helmholtz lässt das Auge nur 99/100 der einfallenden Wärme durch. Die geringe Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Netzhaut, rührt dagegen von einer geringen Empfindlichkeit der Netzhaut für dasselbe her, da die Beobachtungen erweisen, dass die ultravioletten Strahlen beim Durchgang durch die Augenmedien, namentlich durch die Krystalllinse, zwar merklich geschwächt, aber doch nicht bedeutend genug geschwächt werden, um ihre Undeutlichkeit zu veranlassen. Die Schwächung rührt daher, dass die Hornhaut und die Linse des lebenden Auges, selbst auch die Netzhaut selbst einen merklichen Grad von Fluorescenz zeigen, sie strahlen das weisslich-blaue Licht aus, wenn ultraviolettes Licht auf sie fällt. Die fluorescirenden Medien absorbieren aber die Strahlen theilweise, durch welche ihre Fluorescenz hervorgerufen wird. Helmholtz giebt folgende Tabelle über die den Fraunhofer'schen Linien entsprechenden Farbtöne und ihre Wellenlängen, letztere ausgedrückt durch Hunderttausendtheile eines Millimeters.

Wellenlänge:	Farbe:	Linie:	Wellenlänge:	Farbe:
7617	äusserstes Roth.	L.	3824	Uebers violett.
6878	Roth.	M.	3744	
6564	Grenze des Roth u. Orange.	N.	3532	
5888	Goldgelb.	O.	3383	
5260	Grün.	P.	3307	
4843	Cyanblau.	Q.	3243	
4291	Grenze des Indigo u. Violett.	R.	3108	
3929	Grenze des Violett.			

**Supplementärfarben.** Mit der Verschiedenheit der Wellenlänge der sichtbaren Strahlen wechselt die Farbenempfindung; einer bestimmten Wellenlänge des Lichtes entspricht in jedem Auge mit normaler Farbenempfindlichkeit eine bestimmte Farbenempfindung.

Die bekannten Farben des Spektrums nennen wir vorzugsweise einfache Farben. Lassen wir gleichzeitig oder sehr rasch hinter einander zwei verschiedene einfache Farben auf dieselbe Stelle der Netzhaut einwirken, oder auf identische Stellen der beiden Netzhäute (?), so entstehen neue Farbenempfindungen, welche nicht durch die einfachen Spektralfarben nicht hervorgerufen werden, wir bezeichnen sie als Purpur und als Weiss. Purpurroth entsteht durch Mischung der einfachen Farben, die am Ende des Spektrums stehen, am gesättigsten durch die Mischung von Violett und Roth. Weiss entsteht durch Mischung verschiedener einfacher Farben. Man benennt die Farben, welche in einem bestimmten Verhältnisse gemischt weiss geben, als komplementäre Farben. Es sind komplementär: Roth und Grünlichblau; Orange und Cyanblau; Gelb und Indigo; Orangegelb und Violett; Grün und Purpur. Zu beachten ist, dass die Lichtempfindung zweier einfachen Farben, welche zusammen Weiss geben, dem Auge nicht gleich hell erscheinen. Letzteres ist nur bei der Mischung von Cyanblau

und Orange der Fall. Violett, Indigoblau und Roth erscheinen durch komplementären Mengen des dazu gehörigen Grüngelb, Gelb oder Grün.

Die Resultate der Mischung solcher Farben, welche nicht komplementär sind, fasst HELMHOLTZ in folgende Regel zusammen: Wenn man zwei Farben mischt, welche im Spektrum weniger von einander entfernt sind, als komplementär, so ist die Mischung eine der zwischenliegenden Farben, desto mehr in das Weisse, je grösser der Abstand der gemischten Farben, dagegen um so gesättigter, je kleiner ihr Abstand. Mischt man dagegen Farben, die in der Spektralreihe weiter von einander absteigen, als komplementär, so erhält man Purpur oder solche Farben, die zwischen einem Ende und dem entsprechenden Ende des Spektrums liegen. Die Mischung ist um so gesättigter, je grösser der Abstand der gemischten Farben im Spektrum.

Die Farbenmischungsergebnisse sind übersichtlich in folgender Tabelle zusammengefasst (HELMHOLTZ). An der Spitze der vertikalen und horizontalen Kolumnen stehen die reinen Farben; wo sich die betreffende vertikale und horizontale Kolumne schneiden, ist die Mischfarbe angegeben, welche übrigens immer bei verändertem Mischungsverhältnis durch die in der Spektralreihe dazwischen liegenden Farben in jede der beiden Farben der Mischung übergehen kann.

	Violett	Indigoblau	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grüngelb
Roth	Purpur	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Goldgelb
Orange	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Gelb	Gelb
Gelb	wss. Rosa	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grüngelb	
Grüngelb	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grün		
Grün	wss. Blau	Wasserblau	Blaugrün			
Blaugrün	Wasserblau	Wasserblau				
Cyanblau	Indigoblau					

Die Methoden der Farbenmischung sind (HELMHOLTZ): 1) Bringt man verschiedene Spektra oder verschiedene Theile eines Spektrums zur Deckung, so erhält man die Zusammensetzung je zweier einfachen Farben. 2) Man blickt durch eine Linse in schiefer Richtung nach einer farbigen Fläche, während die dem Beobachter gegenüberliegende Seite ihm gleichzeitig Licht eines andersfarbigen Objectes durch Reflexion an einer Glasplatte zugeht, gelangt in das Auge des Beobachters gleichzeitig von der Glasplatte durchgelassenes und reflektirtes Licht der anderen Farbe, und beide treffen dieselbe Netzhaut. 3) Man lässt auf dem Farbenkreise (cf. unten) Scheiben schnell rotiren, auf welchen verschiedenfarbige Sektoren angebracht sind. Ist die Rotation schnell genug, so vermischen sich die Eindrücke, welche die verschiedenen Farben auf die Netzhaut machen, zu einer einzigen Farbe, der Mischfarbe. CZERNIAK schlug den modificirten Scheibenversuch zu demselben Zwecke vor. Nicht angewendet werden darf die Mischung pulveriger oder flüssiger Pigmente, da wegen der eintretenden Absorption die Farben der gemischten Farbstoffe keineswegs ein Licht giebt, welches die Summe der einzelnen in der Mischung enthaltenen Farbstoffe reflektirten Lichtes ist.

**Die Grundfarben.** Durch Mischung zweier einfacher Farben erhält man die ganze Zahl der möglichen Farbenunterschiede, sodass wir durch Mischung von mehr als zwei homogenen Farben nun keine neuen Farben mehr erhalten. Die Zahl der möglichen als Farbenempfindungen auftretenden Erregungen des Sehnervenapparates ist sonach eine beschränkte und verhältnissmässig kleine.

Der Sprachgebrauch bezeichnet jedoch auch noch Unterschiede in der Intensität der Farben. Mangel an Licht wird als Dunkelheit bezeichnet, als schwarz bezeichnen wir Körper, welche das auffallende Licht nicht



andere, welche alles auffallende Licht diffus reflektiren, nennen wir weiss. Die, die von allem auffallenden Lichte einen gleichen geringen Antheil reflektiren, heissen grau, solche, welche das Licht gewisser Farben stärker als andere reflektiren, farbig. Lichtschwache gesättigte Farben werden durch den Zusatz dunkler unterschieden, z. B. dunkelroth; bei äusserst geringer Lichtstärke nennen wir Roth Rothbraun, Gelb Braun, Grün Olivengrün. Sind die Farben bei geringer Lichtstärke überwiegend weisslich, so bezeichnet man sie durch Vermischung mit grau: röthlichgrau, gelbgrau, blaugrau etc.

Das Schwarz ist, obwohl es durch Abwesenheit des Lichtes hervorgebracht wird, keine wahre Empfindung, die wir deutlich von dem Mangel aller Empfindung, wie z. B. den Objekten hinter unserem Rücken entspricht, unterscheiden.

Jede Mischfarbe kann hergestellt werden durch Mischung einer gewissen Quantität weissen Lichtes mit einer gewissen Quantität einer gesättigten Farbe (Spektralfarbe oder Purpur) von bestimmtem Farbenton. Die Qualität eines Farbeindrucks ist objektiv von drei veränderlichen Grössen abhängig, der Lichtstärke, dem Farbenton, und dem Sättigungsgrade, mit anderen Worten 1) von der Quantität Weiss, 2) von der Quantität und 3) von der Wellenlänge einer Spektralfarbe.

Das Gesetz unserer subjektiven Farbenempfindung scheint von dem objektiven Gesetze verschieden zu sein. Man hat in früherer Zeit vielfältig versucht, alle Farben als Mischungen von veränderlichen Quantitäten dreier Farben der sogenannten Grundfarben, zu betrachten. Wenn wir diesen Grundfarben auch keine objektive Bedeutung zuerkennen können, so scheint es doch, als ob die subjektiven **Farbenempfindungen** auf drei **Grundfarbenempfindungen** zurückzuführen. Diese Hypothese, wurde von R. JOUNG aufgestellt und von HELMHOLTZ neuerdings von MAX SCHULTZE acceptirt und dadurch in der Physiologie Geltung gebracht. HELMHOLTZ stellt die TH. JOUNG'sche Annahme folgendermaßen dar:

- 1) Es giebt im Auge drei Arten von Nervenfasern. Reizung der ersten erregt die Empfindung des Roth, Reizung der zweiten die Empfindung des Grün, Reizung der dritten die Empfindung des Violett.
- 2) Objektives homogenes Licht erregt diese drei Arten von Fasern je nach seiner Wellenlänge in verschiedener Stärke. Die rothempfindenden Fasern werden am stärksten erregt von dem Lichte grösster Wellenlänge, die grünempfindenden von dem Lichte mittlerer Wellenlänge, die violett empfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge. Indess ist dabei nicht ausgeschlossen, muss vielmehr zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen angenommen werden, dass jede Spektralfarbe alle Fasern erregt, aber die einen schwach, die anderen stark. Das einfache Roth erregt stark die rothempfindenden, schwach die beiden anderen Faserarten; Empfindung: roth. Das einfache Gelb erregt mässig stark die roth- und grünempfindenden, schwach die violetten; Empfindung: gelb. Das einfache Grün erregt stark die grünempfindenden viel schwächer die beiden anderen Arten; Empfindung grün. Das einfache Blau erregt mässig stark die violetten und grünempfindenden, schwach die rothen; Empfindung: blau. Das einfache Violett erregt stark die gleichnamigen, schwach die anderen Fasern; Empfindung: violett. Erregung aller Fasern in ziemlich gleicher Stärke giebt die Empfindung von Weiss oder von weisslichen Farben.

Eine frühere Zeit, welche den Erregungsvorgang in den Nerven aus Schwankungen des Nervenäthers zu erklären suchte, konnte daran denken, dass die Schwankungen des Lichtäthers sich vielleicht direkt in Schwingungen des Nervenäthers umsetzen, ohne nichts im Wege zu stehen, den verschiedenen Wellenlängen des Lichtäthers auch die dadurch erregten Schwingungen des Nervenäthers sich von verschiedener Länge vorzustellen. Jede Optikusfaser wäre dann im Stande, alle verschiedenen Reize zu leiten, jeder Farbe würde ein eigener, spezifischer Erregungszustand entsprechen. Diese Annahme steht in direktem Widerspruch mit der Grundhypothese der spezifischen Energien; dass der Erregungszustand im Nerven stets ein und derselbe ist, der Unterschied in der Nerventhätigkeit bedingt werde durch die Verschiedenheit der Reizorgane der Nerven, welche nur durch bestimmte Reize angesprochen werden und durch die Verschiedenheit der Erfolgsorgane der Nerven, welche auf diesen Reizen ihren Nerven zugeleiteten Reizzustand, mag er nun durch die normale Erregung der Erfolgsorgane, oder durch direkte anderweitige Reizung des Nerven hervorgerufen, nur mit einem zu dem Kreise ihrer spezifischen Energie gehörigen Erfolg verknüpfen. Dieses Princip wird gewahrt, wenn wir für jede spezifische Farbenempfindung Reiz- und Erfolgsorgane in dem Sehsinnapparate annehmen. Die Th. JENSEN sucht die nothwendige Zahl der verschiedenen Reiz- und Erfolgsorgane auf nannten zu beschränken.

Man sucht die Hypothese zu stützen, zunächst mit den Beobachtungen über die Farbenblindheit. Wenn die Farbenempfindungen eines für Farben normal empfindlichen Auges auf Grundfarbenempfindungen zurückgeführt werden können, so kommen Augen, welche Farbenempfindungen nur aus zwei Grundfarbenempfindungen zusammengesetzt sind, am längsten bekannt ist die sogenannte Rothblindheit (DALTON). Ausgeprägte Rothblinde sehen im Spektrum nur zwei Farben, die meist als Blau und Gelb bezeichnet werden. Als Gelb erscheint Roth, Orange, Gelb und Grün, die grünblauen Töne als Grau, der Rest der Spektralfarben als Blau bezeichnet. Solche Augen verwechseln Roth mit Braun und Grün, Goldgelb mit Gelb, Rosaroth mit Blau. Bei Versuchsversuchen von HELMHOLTZ mit dem Farbenkreisel an einem Rothblinden anstellte, erschien ihm ein Kreis identisch mit einer Mischung von 35° Gelb mit 25° Schwarz, die für das normale Auge Dunkel olivengrün gab. Mit Grün (Linie E) identisch eine Mischung von 75° Blau, für das normale Auge Graugelb. Mit Grau identisch 165° Gelb und 165° Blau, für das normale Auge schwach röthlich grau. Da man aus Roth, Gelb, Grün, Blau alle Farben mischen kann, so ergiebt der Versuch, dass bei dem untersuchten Rothblinden Gelb und Blau gemischt werden könnten. Nach SEEBECK kommt auch Grün vor. Das Gelbsehen bei Santoninvergiftung hält man für Violettblindheit (S. 723). Grünblinde urtheilen sicher über die Uebergänge zwischen Violett und Grün, verwechseln aber Grün, Gelb, Blau und Roth, auch sie unterscheiden nur zwei im Spektrum, welche sie wahrscheinlich ziemlich richtig Blau und Roth nennen, ihnen also die grünempfindenden Nerven abgehen. Natürlich kommen alle Abstufungen von normaler Farbenempfindlichkeit durch verminderte Empfindlichkeit bis hin zu gänzlicher Unempfindlichkeit vor. Hier und da war die Farbenblindheit nicht angeboren, sondern sie trat plötzlich ein nach schweren Kopfverletzungen und Anstrengungen. G. WILSON fand im Durchschnitt einen Farbenblinden unter 17,7 Personen. Er ist auf Gefahren aufmerksam, welche aus der Farbenblindheit hervorgehen können, die Fähigkeit, farbige Signale zu erkennen, wie sie auf Schiffen und Eisenbahnen gebräuchlich sind.

Die Fähigkeit, Farben wahrzunehmen, ist für jedes Auge eine Eigenschaft, die die verschiedenen Netzhautabschnitte zeigen darin deutliche Verschiedenheiten. Um eine Farbe wahrnehmen zu können, muss dieselbe ein Feld von gewisser Ausdehnung einnehmen, oder es muss wenigstens eine bestimmte Menge farbigen Lichtes auf die Netzhaut fallen. Die Grösse des farbigen Feldes muss bei der Betrachtung mit den Seitentheilen der Netzhaut mehr und mehr zunehmen. Ist das farbige Licht für die Farbenwahrnehmung



scheint es auf hellerem Grunde Grau oder Schwarz, auf dunklerem Grunde Grau oder Weiss. Ist die Menge des ausgesendeten Lichtes sehr gross, wie z. B. bei den farbigen Fixen, so können wir auch die Farbe unendlich kleiner Farbfelder noch unterscheiden. Auf schwarzem Grunde erschienen AUBERT grüne und gelbe Quadrate von 4 Mm. Seite, in Entfernung von 46 Fuss, als graue Punkte, rothe schon bei 42 Fuss. Blau behielt diesen Umständen seine Farbe bis an die Grenze der Sichtbarkeit. Vor dem Verlöschen wird Roth und Grün deutlich gelb, Blau scheint direkt ohne Farbenänderung in Weiss überzugehen. In den Mischungen aus Blau und Roth überwiegt an den Grenzen Gesichtsfeldes und der Netzhaut das Blau, Weiss erscheint Grünblau. Daraus ergibt sich, dass die Netzhaut am Rande gegen blaues und grünes Licht empfindlicher ist als in der Mitte, ihre Farbenempfindlichkeit nähert sich dort einigermaassen der bei Rothheit.

### Intensität und Dauer der Lichtempfindung.

Die Intensität der Lichtempfindung ist eine Funktion der Intensität des objektiven Lichtes, welches die Retina reizt. Doch wächst im Allgemeinen für gleiches Licht die Empfindung nicht proportional der objektiven Lichtstärke, sodass die Empfindungsstärke eine verwickeltere Funktion der Lichtstärke ist (HELMHOLTZ). Mindestens noch wahrnehmbaren Abstufungen der Lichtempfindung entsprechen gleichen Differenzen der objektiven Helligkeit. Bei schwacher Beleuchtung kann man noch Helligkeitsdifferenzen wahrnehmen, die bei stärkerer Beleuchtung verloren gehen. Ein Licht von der Stärke des Mondlichtes wirft einen wahrnehmbaren Schatten auf eine weisse Fläche, der Schatten kann aber nicht mehr bemerkt werden, er verschwindet bei der gleichzeitigen Beleuchtung der Fläche mit einer gut brennenden Lampe, und auch der Lampenschatten selbst verschwindet, wenn man die Fläche von der Sonne bescheinen lässt. Innerhalb gewisser mittlerer Grade der Lichtstärke ist das Auge für eine Veränderung der Helligkeit am empfindlichsten, und zwar bleibt innerhalb dieser Grenzen die Grösse der Empfindlichkeit ziemlich konstant. Diese Grenzen betragen etwa bei der Helligkeit, bei welcher man ohne Schwierigkeit lesen kann, bis zur Helligkeit einer von direktem Sonnenlicht getroffenen weissen Fläche. Die photometrischen Messungen haben ergeben, dass innerhalb dieser Grenzen die Differenz der Helligkeit, welche noch unterschieden werden konnte, denselben Bruchtheil der ganzen Helligkeit bildete, etwa  $\frac{1}{100}$ .

Zur Bestimmung dieser Differenz beleuchtete FECHNER eine weisse Tafel mit zwei gleich grossen Kerzenflammen, vor der Tafel stand ein Stab, der nun zwei Schatten auf dieselbe Tafel warf. Das eine Licht wurde dann soweit abgerückt, bis der entsprechende Schatten auf der Tafel nicht mehr sichtbar zu sein. Ist  $a$  der Abstand des näheren Lichtes von der Tafel,  $b$  der Abstand des entfernteren, so verhält sich die Beleuchtungsstärke der Tafel durch beide Lichter etwa wie  $a^2$  zu  $b^2$ . BOUVER fand das eine Licht etwa 8mal, FECHNER, dass es etwa 40mal so weit von der Tafel entfernt sein müsse, damit der Schatten verschwinde, sodass BOUVER also bei derselben Lichtstärke, FECHNER dagegen  $\frac{1}{100}$  noch unterscheiden konnten. Bei Bewegung des Stabes konnte AMIGO noch Unterschiede bis zu  $\frac{1}{434}$  beobachten, bei schwachem Gesicht

Interessante Unterschiede oft nur  $\frac{1}{50}$ . Oberhalb und unterhalb der oben angegebenen Grenzen sind die angegebenen Werthe nicht. Bei sehr schwacher Beleuchtung mischt sich nach

FECHNER das «Eigenlicht der Netzhaut» störend ein, bei sehr grellem Lichte bezogen zu leiden.

Auf die Thatsache, dass innerhalb weiter Grenzen die kleinsten wahrnehmbaren Grenzen der Lichtempfindung konstanten Bruchtheilen der Helligkeit entsprechen, ist sein psychophysisches Gesetz gegründet, welches sich auch in anderen Sinnesempfindung, z. B. bei Bestimmung in den Differenzen der Tonhöhen, Differenzen von Gewichten bestätigt. Die Empfindungsstärke wird gemessen, gleich deutlich wahrnehmbare Unterschiede  $dE$  der Empfindungsstärke  $E$  als ansehen. Dann ist also innerhalb weiter Grenzen der Helligkeit  $H$  nabehin:

$$dE = A \frac{dH}{H},$$

wo  $A$  eine Konstante ist; durch Integration bekommen wir:

$$E = A \log H + C,$$

wo  $C$  eine zweite Konstante ist. Nach HELMHOLTZ ist die Annahme, dass  $A$  konstant nur annähernd richtig.

**Das Unterscheidungsvermögen für Farbtöne** ist ebenfalls bei mittleren Intensitäten am feinsten, sowohl bei sehr geringer als bei sehr grosser Intensität ist die Farbenempfindlichkeit der Netzhaut geringer. PURKINJE bemerkt, dass Blau bei schwächstem Lichte gesehen wird, Roth erst bei stärkerer, zunehmender Beleuchtung ändern die Pigmente (AUBERT) zunächst Farbtöne, Zinnober wird dunkelbraun, Orange dunkel und rein roth, und Hellblau sehen ganz gleich aus. Dann schwindet die Empfindung gänzlich, und es bleibt nur das Gefühl der Lichtdifferenzen übrig. Bei Lichtstärke verändert sich der Eindruck der einfachen Farben in der Weise, dass sie sich gleichsam mit Gelb zu mischen scheinen. Roth und Grün geben Gelb über, Blau wird, wie es auch bei Zumischung von Gelb der Fall ist, weisslich. In Beziehung auf die Helligkeit behaupten im Allgemeinen bei Beleuchtungsstärke die weniger brechbaren rothen und gelben Farben bei geringer Beleuchtungsstärke die brechbaren blauen und violetten Farben zu überwiegen. Bei Einbruch der Nacht erscheinen rothe und blaue Farben, die bei Tageslicht gleich hell ausgesehen haben, ungleich hell, und zwar ist Roth schon ganz schwarz, wenn das Blau (auch des Himmels) noch da scheint. Aus dem oben über die Farbenwahrnehmung Gesagten folgt direkt, dass auch die Farbenunterscheidung abnimmt mit der Grösse der gleichfarbigen Felder im Gesichtsfelde (HELMHOLTZ).

**Irradiation.** Die Erscheinungen, welche man unter diesem Namen zusammenfasst, sind nach HELMHOLTZ daraus, dass die Empfindungsstärke der Lichtstärke nicht proportional ist. Diese Erscheinungen zeigen das Gemeinsame, dass helle, stark beleuchtete Gegenstände grösser erscheinen als sie wirklich sind, umgekehrt benachbarte dunkle Gegenstände ebensoviel kleiner.

Am deutlichsten werden die Erscheinungen der Irradiation, wenn das Auge auf einen trüben Gegenstand nicht genau akkommodirt ist, doch fehlen sie auch bei guter Akkommodation nicht ganz. Enge Löcher und Spalten, durch welche Licht einfallt, erscheinen stets für grösser als sie wirklich sind. Von zwei gleichgrossen Quadraten, das eine schwarz auf weissem Grund, das andere, weiss auf schwarzem Grund, erscheint bei mangelhafter Akkommodation das weisse deutlich grösser als das schwarze. Naheliegende helle Flächen fliessen zusammen, so verschwindet ein feiner Grenzstrich zwischen Auge und Sonnenscheibe oder eine helle Flamme halt; bei Scherben, die abwechselnd aus weissen und schwarzen Quadraten zusammengesetzt, fliessen die



ste an den Ecken, mit denen sie an einander stossen, zusammen, scheinen also die rzen zu trennen (PLATEAU). In neuerer Zeit hat man den Namen Irradiation in einigen auf die Bildung von Zerstreuungskreisen überhaupt übertragen. Hierher gehört obachtung VOLKMANN's, dass schwarze Fäden auf weissem Grunde ebenso wie weisse nklern Grund breiter erscheinen, als sie wirklich sind.

**Intermittirende Netzhautreize.** Wie bei der Nervenreizung überhaupt, so entnd verschwindet der Reizzustand der Netzhaut auch nicht gleichzeitig mit reinbrechen und Verschwinden des Reizes. Es ist leicht nachzuweisen, r Erregungszustand der Netzhaut noch fort dauert, wenn das Licht schon ort hat einzuwirken. Jeder Gesichtseindruck hinterlässt eine kurze Zeit ein tives Nachbild. Hinreichend schnell wiederholte Lichteindrücke derselben en dieselbe Wirkung auf das Auge aus, wie eine kontinuierliche Beleuchtung. r gehört es, dass eine im Kreise geschwungene Kohle den Eindruck eines nden Kreises hervorruft. Die Wiederholung des Eindrucks muss so rasch hen, dass die Nachwirkung des vorausgegangenen Eindrucks noch nicht merk- ehgelassen hat, wenn der folgende beginnt. Man kann dieses leicht an rotir- n Scheiben nachweisen. Eine rasch rotirende schwarze Scheibe, auf welcher er Stelle ein weisser Punkt angebracht ist, zeigt anstatt des Punktes einen n gleichmässig über die Scheibenfläche verbreiteten Ring, ganz entsprechend uerring der geschwungenen Kohle. Eine rasch rotirende Scheibe wird zum nkreisel, wenn sie in Sektoren von verschiedener Farbe getheilt ist. rbeneindrücke folgen sich so rasch, dass der vorausgehende noch nicht ver- nden ist, wenn der folgende beginnt und dauert, die Folge ist, dass eine ung der Farben eintritt, welche dieselben Resultate liefert wie die Mischung spektralfarben. Das Thaumatrope und analoge auf dieses Verhalten der Netz- gebaute Instrumente sind aus der Physik und der Kinderstube bekannt. Die Netzhauterregung kommt in äusserst kurzer Zeit zu Stande, es genügt die Dauer eines elektrischen Funkens.

**Netzhautermüdung.** Nach der Einwirkung des Lichtes bleibt also der Sehner- parat in einem veränderten Zustande zurück. Es dauert der Reizzu- noch einige Zeit fort, und die gereizte Netzhautstelle zeigt eine veränderte nglichkeit gegen äussere Reize, sie empfindet von aussen einfallendes Licht lerer und zwar schwächerer Weise als es die vorher nicht afficirten Theile etzhaut thun, die Empfänglichkeit für neue Reize ist vermin- Jede genügend starke Lichtreizung hinterlässt ein **Nachbild**. Man nimmt achbilder am leichtesten wahr, wenn man nach Betrachtung heller Gegen- e das Auge schliesst oder auf ein ganz dunkles Gesichtsfeld richtet. Man cheidet positive und negative Nachbilder, bei den ersteren erscheinen die rPartieen des Objektes hell, die dunkeln dunkel, bei den negativen Nachbil- erscheinen dagegen die hellen Objektpartieen dunkel, die dunklen hell. Die rder Nachwirkung der Reizung, also auch die Dauer der Nachbilder ist um sser, je stärker das einwirkende Licht gewesen ist und je weniger ermüdet uge. Helle Objekte, welche man kurz angeblickt hat, geben positive Nach- , deren Helligkeit am grössten ist, wenn die Bestrahlung  $\frac{1}{10}$  Sekunde ge- hat, bei längerer Bestrahlung nimmt die Stärke des Nachbildes wieder ab. Das positive Nachbild ist um so heller und andauernder, je grösser die at des einwirkenden Lichtes ist. Hat die Lichtreizung nur sehr kurze Zeit

gewährt, und war sie nicht blendend, so verschwindet, wenn man das Gesicht fortgesetzt dunkel erhält, das positive Nachbild, ohne in ein negatives zugehen. Blickt man aber während des Bestehens des positiven Nachbildes eine beleuchtete Fläche, so verwandelt sich das positive Nachbild sofort in ein negatives. Die in der Nachwirkung des Erregungszustandes befindlichen Fasern des Sehnervenapparates werden sonach durch eine neu einwirkende Lichtstrahlung schwächer erregt, sie empfinden die Beleuchtungsstärke noch nicht so stark, welche die übrigen Netzhautpartien schon als deutlichen Lichtreiz fassen können. Der Reizzustand lässt also die Netzhaut in einer Ermüdung zurück. Während der Dauer der Ermüdung ist die Empfindung neu einfallenden Lichtes in der Weise beeinträchtigt, als wäre die objektive Intensität desselben um einen bestimmten Bruchtheil ihrer Grösse vermindert.

Die Dauer der Netzhautermüdung, und damit des negativen Nachbildes, wächst mit der Dauer der Bestrahlung; übermässig gesteigerte Bestrahlung, z. B. 10–20 Minuten Blicken in die Sonne (RITTER), bringen bleibende Veränderungen der betreffenden Netzhautstelle. Die Ermüdung tritt am Ort des direkten Sehens langsamer ein, als an den peripherischen Netzhauttheilen (AUBERT). Des Morgens ist der Einfluss der Ermüdung am besten (FICK und C. F. MÜLLER), während des ganzen Tages soll ein Ermüdungsvermögen der Netzhauterregbarkeit von etwa 51% eintreten, in den ersten 7 Sekunden beträgt die Ermüdung schon 7%, später wächst er weit langsamer. Aeusseres Licht von konstanter Intensität, welches längere Zeit ununterbrochen auf die Netzhaut einwirkt, ruft wegen der Ermüdung eine immer schwächer und schwächer werdende Erregung der Netzhaut hervor.

Auch von farbigen Objekten entstehen entweder positive oder negative Nachbilder. Das positive Bild zeigt sich im Anfang und während seiner Entwicklung gleich gefärbt wie das Objekt, das negative Bild ist bei voller Entwicklung komplementär zu der Farbe des Objektes gefärbt.

Die positiven farbigen Nachbilder sind am deutlichsten (HELMHOLTZ) nach momentaner Entfernung des Lichteindrucks, vor ihrem Verschwinden übergiessst sich über sie ein rosenrothes, dann treten schwach gefärbte gelblichgraue Farbentöne auf, worauf das Nachbild vollständig verschwindet oder in das negative Nachbild übergeht. Negative Nachbilder zeigen sich nach längerer Lichteinwirkung deutlicher. Das negative Nachbild von Roth ist bläulichgelb, von Gelb blau, von Grün rosaroth und umgekehrt. Auch hier ist das Auftreten des negativen Nachbildes eine Ermüdungserscheinung. Hat das Auge roth gesehen, so sind nach der Young'schen Hypothese die roth empfindenden Fasern stark gereizt und im Zustande der Ermüdung, während die grün- und violette empfindenden schwach gereizt und wenig ermüdet sind. Von weissem Lichte werden bei diesem Zustande der Netzhaut die nach dem Roth empfindenden Organe stärker erregt als die ermüdeten, darum werden beim Einwirken weissen Lichtes die roth empfindenden Organe vorwiegend erregt, welches mit Roth Weiss giebt, hervorrufen. Betrachtet man negative Nachbilder, so verschwinden aus der Farbe des Grundes hauptsächlich diejenigen Bestandtheile, welche den durch das Betrachten des farbigen Objektes erregten Farbenperceptionsorganen entsprechen. Das Nachbild eines grünen Objektes erscheint auf gelbem Grunde rothgelb, auf blauem Grunde violett. Wenn die Empfindung vorwiegend aus der Empfindung von Roth und Grün, die Empfindung des Blau aus der Empfindung von Grün und Violett zusammengesetzt ist, so wird, wenn die Empfindung des Grün ermüdet wird, die Empfindung des Gelb sich vorwiegend der des Roth nähern, die Empfindung des Blau sich der des Violett nähern.

Nach längerer Einwirkung weissen Lichtes zeigt sich die Ermüdung des farbenpercepirenden Organs darin, dass das Weiss farbig erscheint.



Die weisse Fläche bei eintretender Ermüdung des Auges zuerst gelb, dann blau oder grün, dann rothviolett oder roth. Diese Beobachtung spricht im Einklang mit der Farbenempfindungstheorie für eine ungleiche Ermüdbarkeit der farbenpercipirenden Organe. Dieselbe Erscheinung macht sich auch in den farbigen Nachbildern weisser Objekte, deren mannichfache wechselnde Folge man als farbiges Abklingen der Nachbilder bezeichnet.

Das Weiss verändert sich auf dunklem Felde nach momentaner Anschauung zuerst in gelbliches, dann in grünliches Blau, dann in Indigoblau, Violett und Rosenroth und graues Orange, bis die Erscheinung meist verschwindet. Nach längerer Einwirkung des weissen Lichtes tritt sie auf dunkeltem Grunde: Weiss, Blau, Grün, Roth; auf weissem Grunde schliesslich noch Blaugrün und Gelb (FECHNER, HELMHOLTZ). Nach dem Anblick blendenden Lichtes, der Sonne, schreitet das Abklingen der Farben von dem Rande gegen die Mitte vor. Entsprechend der vom Centrum gegen die Peripherie der Netzhaut hin allmählich zunehmenden Lichtwirkung, sind die mittleren Netzhauttheile stärker gereizt, und die einzelnen Phasen des Abklingens verlaufen im Ganzen um so langsamer, je intensiver die Wirkung war. Haben wir farbige Objekte momentan betrachtet, so verschwindet im positiven Nachbild zuerst der Eindruck der vorherrschenden Farbe des Objectes, das Nachbild des weiteren Abklingens der Farben wird dann den analogen Erscheinungen bei weissen Objecten ähnlich, namentlich tritt meist die dem Abklingen des weissen Lichtes zugehörige violette Farbe des Nachbildes deutlich auf. Grün giebt direkt ein rosarothsches Nachbild, dem das abklingende Weiss entspricht. Grünliches Blau geht durch Blau und Violett in Rosenroth über, Blau durch Violett.

**Kontrast.** Auf der Bildung von negativen oder positiven Nachbildern beruht auch ein grosser Theil derjenigen Erscheinungen, welche man unter der Bezeichnung Kontrast zusammenfasst. Nicht nur die nach einander, sondern auch die im Gesichtsfelde neben einander gleichzeitig gesehenen Farben und Helligkeiten üben in der Farbenempfindung einen Einfluss auf einander aus. Im Allgemeinen erscheint jeder Theil des Gesichtsfeldes neben einem helleren dunkler, neben einem dunkleren heller, und eine Farbe neben einer anderen gesehen, nähert sich mehr oder weniger der Kontrastfarbe der letzteren an. Zuerst unterschied zuerst unter dem Namen Simultaner Kontrast diese Erscheinungen von denen des successiven Kontrastes, wo, wie wir oben betrachteten, zwei Farben nach einander auf derselben Netzhautstelle erscheinen. HELMHOLTZ macht darauf aufmerksam, dass der successive Kontrast, der durch Nachbilder erzeugt wird, auch dann eine grosse Rolle spielt, wenn man farbige Felder, die neben einander im Gesichtsfelde liegen, mit einander vergleicht, da wir bei bequemem Gebrauche unserer Augen den Fixationspunkt nicht unverrückt festhalten, sondern unwillkürlich beständig langsam über die verschiedenen Theile des betrachteten Objectes hinwandern lassen. Eine nur 10—20 Sekunden andauernde Fixation greift das Auge sehr bedeutend an, es entwickeln sich scharf abgezeichnete negative Nachbilder der gesehenen Objekte, die, solange die Fixation fortgesetzt wird, mit den Objecten zusammenfallen und diese deshalb schnell undeutlich werden lassen. Nur wenn für einen Ausschluss der Nachbilder gesorgt ist, erhalten wir die Erscheinungen des simultanen Kontrastes rein, in Folge dessen wir im Allgemeinen die neben den neben einander stehenden, allein eine genauere Vergleichung zulassenden Farben oder Helligkeiten bestehenden Unterschiede zu überschätzen geneigt sind. Je mehr die Farben- oder Lichtunterschiede neben einander stehen, desto scharfer gelingt es ihre Unterscheidung. Unter den Kontrastwirkungen haben am frühesten und stärksten die genannten farbigen Schatten die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Lässt man ein horizontal liegendes Blatt weisses Papier von entgegengesetzten Seiten her gleichzeitig mit abgeschwächtem Tageslicht, z. B. Licht von stark bewölktem Himmel oder Mond- und mit Kerzenlicht, beleuchten und stellt auf das Papier einen Stab (Bleistift, Finger),

so wirft derselbe nun zwei Schatten. Der Schatten des Tageslichtes erscheint, von dem rothgelben Kerzenlichte, in seiner objektiven Farbe Rothgelb, der Schatten des Körperlichtes wird von dem weissen Tageslichte beleuchtet, er ist objektiv weiss, erscheint aber Blau, komplementär zu der Farbe des untergestellten Papiers, welches weissliches Rothgelb ist, da es gleichzeitig von weissem und rothgelbem Lichte beleuchtet wird (Abbé MAZEAS). LEONARDO DA VINCI waren die Kontrastercheinungen gross bekannt. Er spricht ihr oben angedeutetes Gesetz in der Weise aus, dass unter allen von gleicher Vollkommenheit jene die schönsten seien, welche neben den entgegengesetzten stehen, also Weiss neben Schwarz, Blau neben Gelb, Roth neben Grün.

### Subjektive Erscheinungen.

Es wurden bisher schon oben mehrfache erwähnt und beschrieben, z. B. das Leuchten des gelben Flecks und der Netzhautgrube. Letztere zeichnet sich bei Beleuchtung als Ring ab: LÖWE'Scher Ring, er entspricht dem mittleren intensiven Theil des gelben Flecks, und es scheint das gelbe Pigment direkt seine Entstehung anlassen. In den gelben Fleck verlegt HELMHOLTZ die von HAIDINGER entdeckte ringförmige Figur, die sogenannten Polarisationsbüschel. Sie kommen zur Erscheinung, wenn man das Auge auf eine Fläche richtet, von welcher polarisirtes Licht ausgeht, wenn man durch ein Nikol gegen eine gut beleuchtete weisse Fläche, z. B. Weiss. Von den verschiedenen homogenen Farben zeigt nur das Blau die Polarisation. HELMHOLTZ beschreibt sie, wenn die Polarisationssebene des Lichtes vertikal ist, als zwei Felder als hellere, durch zwei zusammengehörige Hyperbeln begrenzte blaue Felder durch einen dunklen, gelblich gefärbten Buschel getrennt. Die Ursache für die Erscheinung sind nicht die von VALENTIN nachgewiesenen doppelbrechenden Eigenschaften der Augenmedien, die Erscheinungen erklären sich nach HELMHOLTZ durch die Annahme, dass die gelbgefärbten Elemente des gelben Flecks schwach doppelbrechend sind und dass der ausserordentliche Strahl von blauer Farbe in ihnen stärker absorbiert wird als der ordentliche Strahl. Die analoge Eigenschaft ist unter den gefärbten, doppelbrechenden Körpern sehr verbreitet. — Helle bewegliche Punkte erscheinen im Gesichtsfelde, wenn man namentlich bei angestrengtem Gehen oder anderen Muskelbewegungen eine grosse gleichmässig erleuchtete Fläche, z. B. den Himmel oder Schneefelder, betrachtet. J. MÜLLER und andere haben sie für die Wahrnehmung der Blutkörperchen in den Hautgefässen genommen (S. 759), deren Grösse hinreichen würde, um eine Bewegung zu veranlassen. PURKINJE sah unter analogen Bedingungen wiederholt in dem Gesichtsfelde helle Punkte aufspringen, die, ohne ihre Stelle zu ändern, rasch in dunkle Punkte übergehen, die ebenso schnell wieder verschwinden. Andere subjektive Erscheinungen, erklärte optische Wahrnehmungen, werden namentlich von PURKINJE berichtet, wahrscheinlich zum Theil nur individueller Natur.

## IV. Gesichtswahrnehmungen.

### Die Augenbewegungen.

Die Empfindungen, welche in unserem Sehorgane durch die Einwirkung des Lichtes hervorgerufen werden, benützen wir in Verbindung mit einigen Sinneseindrücken namentlich mit gewissen Muskelgefühlen, um uns eine Vorstellung über die Existenz, die Form und die Lage äusserer Objekte zu bilden. Wir müssen die Eigenthümlichkeiten der Netzhautbilder, der Muskelgefühle etc. kennen, suchen, an welche die Vorstellungen, die wir als Gesichtswahrnehmungen



chen, normal geknüpft sind. Namentlich bei der Bildung der optischen Vorstellungen sind die Augenbewegungen von überwiegender Bedeutung, denen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit zu wenden werden.

**Drehpunkt.** Das Auge bewegt sich auf seinem in die festen Wände der Augeneingeschlossenen Polster von organischen Gewebe wie ein kugeliges Gelenk in seiner Planne. Die Gesetze derartiger Bewegungen haben wir schon oben bei Besprechung der Gelenke (S. 590) kennen gelernt. Die wesentlichen Augenbewegungen sind Drehungen um einen fixen Mittelpunkt.

DONDERS und DOWER haben zahlreiche Messungen über die Lage des Drehpunktes im Auge angestellt. Er fällt nicht genau mit der Mitte der Sehaxe zusammen, sondern liegt bei emmetropischen Augen etwa 4,77 Mm. hinter derselben. Die Lage des Drehpunktes wird hauptsächlich durch die Form der hinteren Augenhaut bestimmt. Kurzsichtige Augen haben, da sie nach hinten verlängert sind, Drehpunkt weiter nach hinten als emmetropische. Bei den kürzeren hypermetropischen Augen rückt dagegen der Drehpunkt etwas weiter vor.

Die Bestimmung des Drehpunktes wurde von DONDERS in der Art angestellt, dass zuerst der horizontale Durchmesser der Hornhaut mit dem Ophthalmometer gemessen, und die Distanz der Gesichtslinie gegen die Hornhautaxe bestimmt wurde. Dann wurde ein feiner schwarzer Faden unmittelbar vor dem Auge ausgespannt, und beobachtet, wie weit das Auge nach rechts und links blicken musste, damit bald der eine, bald der andere Rand der Hornhaut hinter den Faden trat. Aus diesem Winkel und der bekannten Breite der Drehung lässt sich die Lage des Drehpunktes berechnen (HELMHOLTZ).

Die organischen Gewebe, welche das Polster des Auges in der Augenhöhle bilden, sind nicht zusammendrückbar. Das Volum des Polsters könnte rasch wohl nur durch veränderte Blutfülle wechseln, worauf Ortsverrückungen des gesamten Augapfels, namentlich nach vorne oder rückwärts, beruhen könnten. Auf der Entleerung des Blutes beruht das Sinken des Auges in die Augenhöhle nach dem Tode, oder bei starken krankhaften Wassertreten, die analoge Erscheinung nach erschöpfenden Leiden wird zum Theil auch durch den Schwund des Augenfettpolsters bedingt. FICK und MÜLLER wollen bei forcirter Bewegung der Augenlider ein Hervortreten des Auges aus der Orbita, etwa um 4 Mm., beobachtet haben.

**Augendrehungen.** Die Drehung des Augapfels könnte vermöge seiner Befestigung um jede beliebige Axe stattfinden, wozu auch die nöthigen Muskeln vorhanden wären. Die Grösse dieser Drehung kann jedoch niemals einen bestimmten Grad übersteigen, da die Augenbewegungen durch die Anheftungsweise der Antagonisten und den Widerstand des Optikusstammes gehemmt werden. Andererseits werden bei den gewöhnlichen Umständen des normalen Sehens durchaus alle möglichen Bewegungen wirklich ausgeführt.

Für die Bewegungen des Auges (HELMHOLTZ) bildet der Drehpunkt den festen Punkt. Beide Augen fixiren bei normalem Sehen ein und denselben äusseren Punkt: Fixationspunkt oder für unsere gegenwärtigen Betrachtungen nach HELMHOLTZ Blickpunkt. Die gerade Linie, welche den Blickpunkt mit dem Drehpunkt verbindet, heisst Blicklinie, sie fällt annähernd mit der Gesichtslinie zusammen. Eine durch beide Blicklinien gelegte Ebene heisst Blickebene. Die Verbindungslinie der Drehpunkte, welche mit den beiden im Blickpunkt zusammenlaufenden Blicklinien ein Dreieck einschliesst, wird als Grundlinie bezeichnet. Die Medianebene des Kopfes, welche den Kopf in zwei symmetrische Hälften theilt, schneidet die Grundlinie in ihrem Mittelpunkt und die Blickebene

in der Medianlinie der Blickebene. Der Blickpunkt kann gehoben, d. h. stirnwärts oder kinnwärts bewegt werden. Das Feld, wozu durchlaufen vermag, welches wir uns als Theil einer Kugeloberfläche mit dem Mittelpunkt im Drehpunkt liegt, denken, wird als Blickfeld bezeichnet, welches weniger ausgedehnt als das Gesichtsfeld. Nehmen wir eine bestimmte Blickebene als Anfangslage an, so kann jede neue Lage der Blickebene durch den Winkel, den diese mit der Anfangslage bildet, der Winkel als Erhebungswinkel des Blickes bezeichnet und positiv gerechnet, wenn die Blickebene gehoben, d. h. stirnwärts verschoben wird, dagegen negativ, wenn die Blickebene gesenkt, d. h. kinnwärts verschoben wird. Die Blicklinie des Auges kann in der Blickebene lateralwärts oder medianwärts gewendet werden, was Seitenwendung des Blickes heisst, die Grösse derselben wird durch den Seitenwendungswinkel gemessen, d. h. durch den Winkel, welchen die Richtung der Blicklinie mit der Medianlinie der Blickebene bildet. Der Erhebungswinkel und Seitenwendungswinkel ist die Richtung der Blicklinie bestimmt, nicht aber die Stellung des Auges. Das Auge kann noch Drehungen um die Blicklinie als Axe ausführen, d. h. um die Blicklinie drehen, artigen Drehungen dreht sich die Iris um die Blicklinie wie ein Rad um die Blicklinie, werden daher als Raddrehungen bezeichnet. Die Grösse der Raddrehung wird durch den Winkel gemessen werden, den eine im Auge feststehende Ebene der Blickebene macht. Als solche feste Ebene nimmt HELMHOLTZ den Netzhautmeridian an, er fällt mit der Blickebene zusammen, wenn der Blick bei der Medianebene des Kopfes parallel in aufrechter Kopfhaltung nach dem entfernten Horizont gerichtet ist. Den Winkel, welchen Netzhautmeridian mit der Blickebene bei den Raddrehungen des Auges mit einander bilden, bezeichnet man als Raddrehungswinkel des Auges, er wird positiv gerechnet, wenn das Auge wie der Zeiger einer von ihm betrachteten Uhr gedreht hat, negativ, wenn das obere Ende des vertikalen Netzhautmeridians nach rechts abgewendet ist.

Sind die Blicklinien dauernd parallel, überblickt ein emmetropisches Auge z. B. eine Reihe weit entfernter Gegenstände, so gehört (DONDER), wenn die Blicklinie in Beziehung zum Kopf gegeben ist, dazu auch ein bestimmter Werth der Raddrehung d. h. der Raddrehungswinkel, welcher bei parallelen Blicklinien eine Funktion nur von dem Erhebungswinkel und dem Seitenwendungswinkel (HELMHOLTZ). Die Stellung des Kopfes ist vollkommen gleichgiltig.

Das Auge führt seine normalen Bewegungen entweder ohne oder mit Raddrehung aus, reine Raddrehungen kommen normal nicht vor.

Als Primärstellung der Augen wird von den verschiedenen Augenstellungen diejenige bezeichnet, von der aus der Blick gerade nach oben oder unten, gerade nach rechts oder links gewendet werden kann, ohne Raddrehungen des Auges erfolgen. Die Primärstellung ist die Ruhelage der Augen bei parallelen Blicklinien und entspricht einer mittleren Lage der Blicklinie, muss übrigens bei den betreffenden Beobachtungen für jedes Auge direkt bestimmt werden.

Aus den oben gegebenen Definitionen ergibt sich, dass der Blick von der Primärstellung auf jeden beliebigen Punkt des Blickfeldes ohne Raddrehung eingestellt werden könnte. Der Blickpunkt kann sowohl auf- und abwärts



l- und medianwärts verschoben werden, mit anderen Worten, er kann um Queraxe (bei Bewegungen des Auges nach auf- und abwärts) und um seine Vertikalaxe (bei den seitlichen Bewegungen des Auges) gedreht werden. Alle schrägen Bewegungen liessen sich ebenfalls um diese beiden Axen ausführen, da sich alle geraden Bewegungen zurückführen lassen auf eine Rotation, zuerst um die Höhenaxe, dann um die Queraxe.

Von allen den möglichen Bewegungen werden aber ohne Raddrehung des Auges nur reine Erhebung oder Senkung des Auges ohne Seitenabweichung und reine Seitenabweichung ohne Erhebung oder Senkung ausgeführt. Man bezeichnet die aus diesen Bewegungen hervorgehenden Stellungen des Auges als Sekundärstellungen. Als Tertiärstellungen des Auges werden diejenigen bezeichnet, bei denen zu den Drehungen um die Höhen- und Queraxen noch Raddrehungen hinzukommen. Der Raddrehungswinkel wächst nach DONDERS, wie wir sahen, mit dem Erhebungs- und Seitenwendungswinkel, bei extremen Stellungen kann die Drehung mehr als  $40^\circ$  betragen. In erhobener Stellung der Blickebene sind mit Seitenwendungen nach rechts Raddrehungen des Auges nach links, und mit Seitenwendungen nach links Raddrehungen nach rechts verbunden. In gesenkter Stellung der Blickebene dagegen sind mit Seitenwendungen nach rechts auch Raddrehungen nach rechts und mit Seitenwendungen nach links Raddrehungen nach links. Mit anderen Worten: Wenn Erhebungs- und Seitenwendungswinkel dasselbe Vorzeichen haben, ist die Raddrehung positiv, wenn jene ungleiches Vorzeichen haben, ist die Raddrehung negativ. Bei gleicher Erhebung oder Senkung der Blickebene ist die Raddrehung um so stärker, je grösser die seitliche Abweichung, und bei gleicher Seitenwendung um so stärker, je grösser die Erhebung oder Senkung ist.

LISTING hat das weitere allgemeine Bewegungsgesetz für parallel gerichtete emmetropische Augen aufgestellt, man kann (HELMHOLTZ) das LISTING'sche Gesetz andermaassen aussprechen: Wenn die Blicklinie aus ihrer Primärstellung übergeführt wird in irgend eine andere Stellung, so ist die Raddrehung des Augapfels in dieser zweiten Stellung die gleiche, als wäre er um eine feste Axe gedreht worden, die in der ersten und zweiten Richtung der Blicklinie senkrecht steht.

Bei konvergirenden Sehaxen treten um so grössere Abweichungen von den bei parallelen Sehaxen geltenden Gesetzmässigkeiten der Augen ein, je grösser die Konvergenz wird. Die allgemeine Formulierung haben die hieher gehörigen Erfahrungen noch nicht gefunden. WUNDT findet bei den Bewegungen des Auges zu Tertiärstellungen ein Axenwechsel, sodass die Sehaxe leicht gekrümmte Bogenlinien beschreibt.

Das LISTING'sche Gesetz entspricht dem HELMHOLTZ'schen Principe der leichtesten Orientirung. Mit jeder Abweichung der Blicklinie aus der Primärstellung ist ein fixer Werth der Raddrehung und eine bestimmte Augenstellung verbunden. Bewegen wir also ein Auge in dem Blickfelde hin und her, so bleibt die relative Stellung der peripherischen Objekte zu dem gerade fixirten immer dieselbe, sie würde sich ändern, wenn nicht mit jeder Augenstellung eine bestimmte Raddrehung verbunden wäre. Um stehende Objekte nehmen also immer dieselbe relative Stellung zu den nebenstehenden ein, so oft wir unser Auge darauf richten, wodurch die Orientirung, z. B. ob der Stand fest steht oder sich bewegt, wesentlich erleichtert ist. Bei jeder gegebenen Lage der Sehaxe und der damit fest verbundenen Raddrehung wird eine senkrechte

Linie, die den Fixationspunkt schneidet, sich immer auf demselben Netzhautabbilden.

Die einfachste Methode, um die Raddrehung des Auges zu erkennen, ist ein reines Nachbilder im Auge, deren Stellung man mit vertikalen und horizontalen Linien der Wand vergleicht. Man hat zuerst die Primärstellung der Augen aufzusuchen. Bei anderen Stellungen ändert sich dann, dem oben gegebenen Gesetze entsprechend, die Stellung des Nachbildes zu den feststehenden Linien der Wand.

**Stellung des vertikalen Meridians des Auges bei den verschiedenen Augenstellungen.** Augenarzt ist die Kenntniss der Stellung des vertikalen Meridians des Auges von besonderer Bedeutung. Obgleich sich das Folgende aus dem Vorstehenden ableiten lässt, hier doch noch einmal gesonderte Darstellung finden.

1. Beim Blick in der horizontalen Medianebene, welche man sich als Ebene vorstellt, die die beiden Augencentren verbindende Gerade — Gerade gelegt denkt, gerade aus, nach links oder nach rechts ist der vertikale Meridian des Auges nicht, sondern behält seine vertikale Stellung bei. Nach MEISSNER ist dies genau der Fall, wenn die Visirebene  $45^\circ$  unter den Horizont geneigt und die Mittellinie des Auges Grundlinie gerichtet ist (Primärstellung).

2. Beim Blick in der vertikalen Medianebene, die in der Mittellinie des Auges oben genannten horizontalen Medianebene senkrecht steht, gerade aus, nach links oder nach rechts, verhält sich der vertikale Meridian ebenso wie bei der vorhin betrachteten Stellung.

3. Beim Blick diagonal nach links oben sind die vertikalen Meridiane der Augen parallel nach links geneigt.

4. Beim Blick diagonal nach links unten, sind sie analog parallel nach rechts geneigt.

5. Beim Blick diagonal nach rechts oben sind die beiden vertikalen Meridiane der Augen parallel nach rechts geneigt.

6. Beim Blick diagonal nach rechts unten sind sie parallel nach links geneigt.

**Augenmuskeln.** Wir haben nun noch nach den Muskeln zu fragen, welche in den oben genannten Stellungen zur Verwendung kommen. Die Muskelebene des Rectus (Abducens) und des R. internus fällt so ziemlich mit der Aequatorialebene zusammen. Die Rotation kann also, da sie um die Vertikalaxe des Bulbus erfolgt, bei den Stellungen des Meridians beim Blick nach aussen und innen erfolgen. Bei den diagonalen Stellungen ist der Abducens und zwar bei denen nach aussen und oben und unten und unten mitbetheiligt. Der R. internus bei der Stellung nach oben und unten nach unten und aussen; bei diesen Stellungen betheiligen sie sich auch an der Meridianneigung, sodass bei Ausfall ihrer Wirkungen, z. B. bei Lähmung der einen derselben, der Meridian in dem betroffenen Auge falsch geneigt wird. Die Diagnose der Motilitätsstörungen der Augen vorzugsweise benützt wird.

Die Muskelebene des Rect. superior und inferior ist von vorn und hinten und innen gegen den vertikalen Meridian geneigt; also fällt auch die Ebene nicht mit dem Querdurchmesser des Auges zusammen, sondern ist schief gegen denselben. Der Rect. superior rollt nach oben und innen und neigt dabei den Meridian nach innen. Der R. inferior rollt nach oben und innen und neigt den Meridian nach aussen. Die nach aussen sind ihre Drehbewegungen auf den Bulbus am deutlichsten, beim Blick nach innen ihre Wirkungen auf den Meridian.

Bei dem Obliquus superior (Trochlearis) und Obliquus inferior ist die Muskelebene so gegen den horizontalen Meridian geneigt, dass das innere Ende nach hinten und aussen nach hinten von ihm gelegen ist. Der Obliquus superior dreht die Cornea nach unten und aussen und neigt den vertikalen Meridian nach innen; der Obliquus inferior dreht die Cornea nach oben und aussen und neigt den Meridian auch nach aussen. Den Blick



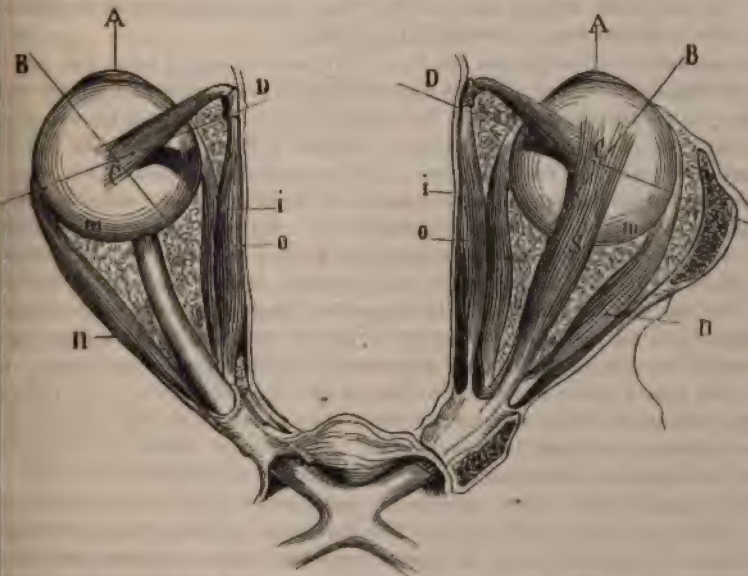
Die Drehung der Cornea besitzen sie bei deren Stellung nach innen, hier wird der Auswirkung am deutlichsten. Den Meridian neigen sie am stärksten bei der Stellung nach aussen.

Hering und Fick haben ohngefähr in der Primärstellung des Auges die Winkel gemessen, die die Drehaxe der Augenmuskeln bildet mit der Sehaxe, Queraxe und Höhenaxe des Auges, wodurch die Lage der Drehaxe vollkommen bestimmt ist. Fick giebt folgende Tabelle:

Muskel	Winkel den die Drehaxe bildet mit der:		
	Sehaxe	Höhenaxe	Queraxe
Rectus superior . .	44° 24'	408° 22'	454° 40'
„ inferior . .	63° 37'	414° 28'	37° 49'
„ externus . .	96° 45'	9° 45'	95° 27'
„ internus . .	85° 41'	473° 43'	94° 28'
Obliquus superior .	456° 46'	90°	60° 46'
„ inferior .	29° 24'	90°	449° 44'

Es fallen also auch nach diesen Beobachtungen die Drehaxen des Rectus externus und internus ziemlich genau mit der Höhenaxe zusammen. Die beiden Obliqui liegen hier genau in der Horizontalebene.

Fig. 227.



s R. superior, i R. internus, e R. externus, o Obliquus superior, C Augapfel.

Wenn der Blick gerade aus ist, sind alle Muskeln im Gleichgewicht, dabei überwiegen die internen etwas vermöge ihrer stärkeren Entwicklung, sodass sich die Sehaxe etwa in einer Entfernung von 8—12° nach innen neigt, der Meridian ist nicht geneigt.

Wenn der Blick horizontal nach aussen wirkt, wirkt der R. externus, der Meridian ist nach aussen geneigt.

Wenn der Blick horizontal nach innen wirkt, wirkt der R. internus, der Meridian ist nach innen geneigt.

Beim Blick vertikal nach oben wirken gemeinsam der R. superior und der R. inferior, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick nach unten kommen der R. inferior und Obl. superior zu, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick diagonal nach oben und aussen wirken der R. superior und der Obl. inferior zusammen. Der letztere ist bezüglich des Meridians in seiner Kraftstellung (vergl. oben), er überwiegt und neigt daher den Meridian nach aussen.

Beim Blick diagonal nach aussen und unten werden der R. inferior und Obl. superior benützt; letzterer überwiegt in Bezug auf die Meridianstellung, sodass der Meridian nach innen geneigt ist.

Beim Blick diagonal nach oben und innen wirken der R. superior und Obl. inferior, die Recti sind in Betreff des Meridians in der Stellung und neigen ihn nach innen.

Beim Blick diagonal nach innen und unten sind der R. inferior, der Obl. inferior und der Obliquus superior theilhaftig; der R. inferior überwiegt dabei in der Meridianstellung und neigt ihn nach aussen.

Bei jeder Augenstellung sind daher bestimmte Augenmuskeln mehr oder weniger verkürzt, andere dagegen passiv gedehnt, es ist also mit jeder Augenstellung ein bestimmtes Muskelgefühl verbunden, welches die Beurtheilung der Richtung der Blicklinie, resp. Sehaxe, wesentlich erleichtert.

Zum Studium der Augenbewegungen dient RUKRE's Ophthalmotrop; elastisch stellen an einem doppelten Augenmodell die Muskeln vor, deren genaue Stellen man ablesen kann. An einer Skala können ihre Verlängerungen und Verkürzungen abgelesen werden, welche den einzelnen Augenstellungen entsprechen.

Die Augenmuskeln werden von den Nn. Oculomotorius, Abducens und Trochlearis in Thätigkeit versetzt, die beiden letzteren gehen bekanntlich zu den inneren Augenmuskeln, zu den übrigen verläuft der Oculomotorius. Beide Augen können unabhängig von einander bewegt werden, wir sind z. B. nicht im Stande, mit einem Auge aufwärts und gleichzeitig mit dem anderen abwärts zu blicken. Auch wenn ein Auge zum Sehen nichts beiträgt, wenn wir es z. B. verdecken, oder wenn es so macht es doch die Bewegungen des andern mit. Bei den normalen Augen liegen also beide Blicklinien immer in derselben Ebene, sie haben bei Aufrichten des Kopfes stets dieselbe Neigung gegen den Horizont. Nach vorne können sie nicht oder nur in sehr geringem Grade divergiren, dagegen können sie in einem beliebigen Grade convergiren. Als Ursache für diesen Zusammenhang zwischen den Augenbewegungen wurden von J. MÜLLER angeborene Einrichtungen angenommen, er stellte dafür sein Gesetz der Gleichmässigkeit der Innervation auf. Man rechnet die Erscheinungen der gemeinsamen Innervation der Augen zu der Klasse der sogenannten Mitbewegungen. ADAMICK zeigte, dass wirklich auch eine gewisse Verknüpfung der nervösen Centralorgane für die Augenbewegung existirt, die derseitigen Augenmuskeln haben gemeinsame motorische Centren in den vorderen Hirnhügeln und dem Boden der Sylvius'schen Wasserleitung. Auf Reizung eines vorderen Hirnhügels treten immer gleichzeitig an beiden Augen bestimmt vorherzusagende Bewegungen ein, bei länger fortgesetzter Reizung dreht sich endlich auch der Kopf in denselben Sinn. Trennt man die vorderen Vierhügel durch einen tiefen Schnitt von einander, so sind die auf Reizung jeder derselben eintretenden Augenbewegungen auf das Auge der betroffenen Seite beschränkt.

**Kopfbewegungen.** Ähnliche Gesetze, wie für die Augenbewegungen, gelten auch für die Bewegungen des Kopfes. Das Princip der gewöhnlichen Kopfbewegungen ist das gleiche wie das der Augenbewegungen (HELMHOLTZ). Das Hinterhauptsgelenk besteht aus zwei Gelenken, das eine zwischen Hinterhaupttheil und Atlas, das zweite zwischen Atlas und zweitem Halswirbel. Das erste Gelenk erlaubt eine Drehung um eine



ts nach links gehende Axe, und in geringerer Ausdehnung auch einer Drehung um horizontal von vorn nach hinten gehende Axe, das zweite Gelenk besitzt nur eine Drehungsaxe. Beide Gelenke zusammen gestatten also mässige Drehungen um alle gelegenen Axen. Dazu kommt noch die Beweglichkeit der Halswirbelsäule. Will das Auge weit nach rechts oder links wenden, so dreht sich der Kopf um die senkrechte Axe im unteren Gelenk. Wenden wir den Blick gerade nach oben oder nach unten, so dreht sich der Kopf um die horizontal von rechts nach links gehende Drehungsaxe der Kopfe des Hinterhauptsbeins. Wird er aber schräg nach rechts und oben gekehrt, so dreht er sich, wie das Auge, um eine von oben rechts nach unten links gehende Axe, so dass die rechte Seite des Kopfes höher zu stehen kommt als die linke. Beim Blick nach rechts kommt die rechte Seite des Kopfes tiefer zu stehen.

### Das monokulare Gesichtsfeld.

Im gewöhnlichen Gebrauche unserer Augen betrachten wir stets mit beider Augen zugleich die Gesichtsobjekte und lassen zur Beurtheilung derselben Bewegungen der Augen, des Kopfes und wohl auch des ganzen Körpers hin- und hergehen. Es erwachsen aus dieser Vereinigung für unser Sehvermögen wesentliche Vorteile, aber auch schon mit Benützung eines Auges können wir uns bis zu einem gewissen Grade richtige Vorstellungen über die räumlichen Verhältnisse der Dinge der Aussenwelt bilden. In welcher Weise dies erfolgt, soll zuerst betrachtet werden (nach HELMHOLTZ).

Die Stellung, welche ein leuchtender Punkt zu unserem Auge einnimmt, ist durch die Richtung, ist dadurch zu finden, dass wir von dem Netzhautbild eine Gerade, Gesichtslinie, durch den Knotenpunkt des Auges ziehen. Wir müssen zunächst, dass der leuchtende Punkt vor dem Auge innerhalb dieser Linie liegt (s. S. 784).

Die weitere Unterstützung unserer Wahrnehmung bleibt es uns aber vollkommen unbekannt, auf welchem Punkte der die Richtung des gesehenen Objektes bestimmenden Linie, also in welcher Entfernung vor dem Auge sich der leuchtende Punkt befindet (\*\*). Betrachten wir z. B. weit entfernte Gegenstände, welche durch unsere früheren Erfahrungen über ihre Farbe, Form, Grösse etc. keine Anhaltspunkte zur Deutung unserer Gesichtswahrnehmungen bieten, wie z. B. die Gegenstände des Himmels, so erscheinen sie uns, obwohl sie in Wahrheit nach den drei Dimensionen des Raumes vertheilt sind, nur nach zwei Dimensionen ausgebreitet. Die Grösse, welche nur zwei Dimensionen erkennen lässt, ist aber eine flächengrösse.

Wenn wir also beim Sehen die Dimension der Entfernung nicht mehr wahrnehmen können, so nehmen wir die Gegenstände nicht mehr wirklich wahr, sondern nur in einer scheinbar flächenhaften Anordnung vor. Diese imaginäre flächenhafte Anordnung der gesehenen Objekte im Gesichtsfeld bezeichnet.

Obwohl wenn unser Gesichtssinn, z. B. bei binokularem Sehen uns vollständig richtige Anschauungen über die wahre Vertheilung der Objekte im Gesichtsfeld verschafft, so überzeugen wir uns leicht, wenn wir mit unserem Blick über

Das Nähere über die Richtung des Sehens wird im folgenden Paragraphen beigebracht. Ueber den Einfluss des Akkommodationsgefühls zur Schätzung der Entfernung gesehenen Objekte cf. S. 790.

wahre Stellung der Objekte wird primär nicht aus dem Netzhautbild, nur aus den Erfahrungen beurtheilt, die wir mittelst unserer Körpergeraden uns von dem Orte im Raume gebildet haben, von dem aus die bezüglichen Lokalzeichen unserer Netzhaut normal hervorgerufen werden. Diese Wahrnehmungen sind also keine reinen Empfindungen, sondern Akte unseres Urtheils.

**Wahrnehmung.** Unser Urtheil über die relative Grösse verschieden grosser Objekte, welche gleich weit von dem Auge entfernt sind, beruht theils auf dem Bewusstsein der verschiedenen Grösse der Augenbewegungen, welche wir ausführen, um die verschiedenen Punkte ihres Umfangs zu fixiren, theils auf dem Bewusstsein des verschiedenen Umfangs der von ihnen erregten Netzhautpartien (Grösse des Netzhautbildes), die wir direkt als verschiedene Grössen im Gesichtsfelde wahrnehmen. Da das Gesichtsfeld für unsere Vorstellung keine bestimmte Grösse hat, können wir die absolute Grösse eines Gegenstandes nur durch Zuhülfenahme anderer, namentlich durch den Tastsinn, gewonnener Erfahrungen abschätzen. Zu der Wahrnehmung der Grösse des Netzhautbildes muss dabei dann noch einmal eine Schätzung der Entfernung hinzukommen, da wir durch Erfahrung wissen, dass mit der Entfernung der Umfang des Netzhautbildes, der von einem leuchtenden Objekt erregten Netzhautstelle, resp. der Umfang, den das Bild im Gesichtsfeld einnimmt, kleiner wird.

FECHNER und VOLEMANN haben Versuche über die Genauigkeit in der Vergleichung sehr verschiedener Abstände im Gesichtsfeld angestellt. FECHNER stellte die Spitze eines Zirkels auf verschiedene Entfernungen ein und versuchte den Spitzen eines anderen Zirkels nach dem Augenmaasse gleiche Entfernung wie denen des ersten zu geben. Er hing drei Fäden, die durch Gewichte gespannt wurden, verschiebbar gegen einander, und suchte nach dem Augenmaasse ihre Abstände gleich zu machen, oder er benutzte feine, parallelen, durch Mikrometerschrauben beweglichen Silberfäden gleiche Abstände zu geben. Der mittlere Fehler bei diesen Beobachtungen macht für denselben Bruchtheil stets nahezu den gleichen Bruchtheil der ganzen verglichenen Länge aus, was auch in diesen Versuchen die Richtigkeit des FECHNER'schen psychophysikalischen Gesetzes bewährte, welches lehrt, dass die unterscheidbaren Differenzen der Grössegrößen der gesammten Grösse des Empfundnen proportional sind. Die Vergleichung horizontaler Längen mit vertikalen zeigt noch ausserdem einen weiteren konstanten Fehler, indem wir vertikale Linien für länger halten als gleich lange horizontale. Auch die Vergleichung zwischen zwei vertikalen Linien fällt ungenauer aus als zwischen zwei horizontalen. Bei VOLEMANN war bei der letztangewendeten Versuchsmethode der konstante Fehler bei Beurtheilung horizontaler Abstände  $\frac{1}{79,4}$ , bei vertikalen stieg er bis auf  $\frac{1}{45,4}$ .

Bei Vergleichung ungleicher Abstände fand VOLEMANN auch konstante Fehler, nach denen die links liegende Distanz immer etwas zu gross gemacht wird im Verhältniss zur rechts liegenden. Mit grosser Schärfe können wir den Parallelismus zweier Linien beurtheilen, gegenwärtig erscheint in einem richtig gezeichneten, gleichseitigen Dreieck, dessen eine Seite horizontal liegt, der Winkel an der Spitze immer kleiner als die Winkel an der Basis.

Die Abmessung von Distanzen gelingt auch bei vollkommen ruhender Netzhaut, aber ist ungenauer als mit Zuhülfenahme der Augenbewegungen. Besonders ist dadurch die Vergleichung beeinträchtigt, dass Linien, die auf den peripherischen Theilen des Gesichtsfeldes oder der Netzhaut gerade erscheinen sollen, in Wahrheit gegen den Fixpunkt konvex gekrümmt sein müssen. Gerade Linien erscheinen entsprechend umgekehrt gekrümmt. Um diese betreffenden Wahrnehmungen zu machen, müssen andere Orientirung fehlen. Da bei Ausschluss der Augenbewegungen unser Augenmaass



Kopfdrehungen nothwendig werden können, so ändert das Nicht, wir schliessen aber aus dem Bewusstwerden der Grösse Zweck der fortgesetzten Fixation gemachten Bewegungen an das Objectes. Nach den Beobachtungen VIERORDT's scheinen Bewegungen subjektiv verlangsamt, langsamere dagegen beschleunigt.

**Richtungstäuschungen.** Um die Richtung gesehener Objecte richtig beurtheilen zu können, müssen wir ein genaues Bewusstsein von der Stellung des Kopfes und unseres ganzen Körpers haben. Sowie das Bewusstsein der Richtung gefälscht wird, so treten Richtungstäuschungen auf. Versuchen wir, mit dem Finger, während das andere geschlossen ist, wobei eine Bewegung ohne die normal mit einer solchen verbundenen Muskelgefühle, in Folge davon die Gesichtsobjecte verschoben. Betrachtet man eine Linie in einem sonst dunklen Raum, oder bei Tageslicht eine Linie auf gleichmässigem Hintergrund, und neigt den Kopf gegen die Schwerkraft, so tritt eine scheinbare Drehung nach der der Kopfdrehung entgegengesetzten Richtung der Linie erreicht ihr Maximum  $45^\circ$ , bei einer Kopfdrehung nach unten gerichtetem Kopf erscheint die Linie wieder senkrecht zur Orientirung benützt werden können, verschwindet die Täuschung.

Die relative Richtung zweier Linien beurtheilen wir falsch, wenn die Linien unser Urtheil stören. Parallele Linien werden scheinbar konvergiren, nachdem wir schräge Seitenstriche auf sie auffallen lassen (Zöllner).

**Grössentäuschungen** müssen, wie aus dem Obengesagten, dann eintreten, wenn wir die Entfernung eines Objectes falsch beurtheilen. Die Entfernung eines Objectes von unserem Auge taxiren, desto grösser, desto grösser die Entfernung in die Ferne kann, wenn wir die Entfernung falsch beurtheilen, die sich nahe an unserem Auge vorbei bewegt, sehr gross erscheint uns am Horizont grösser als hoch am Himmel, z. Thl. darum weil der Objecte wesentlich kleiner scheint als der Abstand des Horizonts. Die Linie des Horizont, auf welcher sich eine Anzahl von Objecten befindet, scheint

Gesichtsfeld. Bekannt ist das scheinbare Fortrücken der Landschaft in entgegen-  
 Richtung, wie es bei der Bewegung des Fahrens stattfindet. Machen unsere Augen  
 rucke und unbewusste Bewegungen, so scheinen, wie im Schwindel, die gesehenen  
 zu schwanken. Blickt man längere Zeit von einer Brücke in schnell fließendes  
 so bekommt man nach einiger Zeit die Empfindung, als ob man mit der Brücke in  
 gesetzter Richtung wie das nun ruhig scheinende Wasser bewegt würde. Ein sich  
 wegender Körper, den man durch den elektrischen Funken nur momentan beleuch-  
 scheint zu ruhen, weil in der minimalen Zeitdauer des elektrischen Funkens das  
 nicht merklich weiter gerückt ist. Auf einem rasch rotirenden Farbenkreisel  
 man bei der momentanen Beleuchtung mit dem elektrischen Funken die Farben-  
 gesondert, ohne dass eine Mischungsempfindung eintritt.

Füllung des blinden Flecks. Das Gesichtsfeld ist, wie wir oben sahen, das  
 nach aussen projecirten Netzhaut, die Grenzen des Gesichtsfeldes entsprechen den  
 der Netzhaut. Die Lücke in den lichtempfindlichen Apparaten der Netzhaut, die  
 Stelle des Sehnerven, der sogenannte blinde Fleck des Auges (S. 766), bedingt auch  
 ke im Gesichtsfeld. Wir sind für gewöhnlich aber nicht im Stande, diese Lücke im  
 feld wahrzunehmen. Bei dem Sehen mit beiden Augen wird der Mangel der  
 ung am blinden Fleck des einen Auges durch die statthabenden Empfindungen im  
 Auge, in welchem dem blinden Fleck eine lichtempfindliche Stelle entspricht,  
 weise ausgeglichen. Aber auch, wenn wir mit dem einen, unbewegten Auge das  
 feld betrachten, so erkennen wir die Lücke nicht. Die auf die Lücke fallenden Ob-  
 jekte verschwinden einfach. Eine Linie, deren Ende auf die Lücke im Ge-  
 feld trifft, scheint verkürzt. Heften wir den Blick eines Auges auf eine gleichmässig  
 und gefärbte Fläche, so erscheint, trotz der durch den blinden Fleck bedingten  
 die ganze Fläche, also auch der dem blinden Fleck entsprechende Theil derselben,  
 in der Farbe des Grundes. Nach E. H. WEBER, VOLKMANN U. A. füllen wir mittelst der  
 Empfindungen der benachbarten Netzhauttheile die Lücke aus, und zwar so, wie es unse-  
 r Gefühl nach am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und wie es unseren  
 Empfindungen von den Gestalten der Dinge entspricht.

### Richtung des Sehens.

Wir haben erfahren, dass wir die Richtung der Gesichtslinie, die mit der Stellung des  
 Kopfes gegen den Kopf oder den ganzen Körper wechselt, im Allgemeinen richtig beurtheilen  
 und aus richtige Schlüsse auf die Richtung der gesehenen Objekte ziehen können. Es  
 ist diese Fähigkeit, wie oben angedeutet, auf dem Muskelgefühl. Wir dürfen uns  
 nicht vorstellen, dass wir dabei die Richtung unserer Gesichtslinie nach der wirk-  
 lichen Stellung des Augapfels oder nach der von der Stellung abhängigen Verlängerung  
 der Verkürzung der Augenmuskeln beurtheilen. Verlagern wir den Augapfel, z. B. durch  
 einen Muskelruck, so glauben wir Bewegungen der Objekte zu sehen, zum Beweise, dass wir uns  
 eine richtige Vorstellung von der stattfindenden Lageveränderung unseres Auges oder von  
 der gleichzeitig hervorgerufenen Muskeldehnungen zu machen im Stande sind. Die  
 Erfahrungen erweisen, dass wir die Richtung der Gesichtslinie nur beurtheilen nach der  
 Willensanstrengung, durch die wir eine Aenderung in der Stellung des Auges hervor-  
 zubringen streben. Jedem solchen Willensimpulse entspricht als direkt wahrnehmbare Folge  
 die Lageveränderung der Objekte im Sehfeld. In diesen Veränderungen haben wir eine  
 Kontrolle für den Erfolg des Willenseinflusses, und diese Kontrolle des Erfolgs muss be-  
 standig stattfinden, wenn richtige Urtheile über die Richtung der Gesichtslinie und der fixir-  
 ten Gegenstände gefällt werden sollen. Nach dieser Seite eintretende Täuschungen sind für  
 die Fassung der hier obwaltenden Verhältnisse sehr lehrreich. Hat man sich längere  
 Zeit bemüht, ein bewegtes Objekt zu fixiren, so stellt sich Schwindel ein, es scheinen  
 die ruhenden Objekte in der entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen. Es beruht diese



Scheinbewegung auf einer Fälschung unseres Urtheils über die zur Fixation gehörigen Bewegungen. Nach Seite 788 scheinen einem in einem Wagen rasch fahrenden Gegenstände, an denen er vorüberfährt, in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Will der Fahrende einen der Gegenstände am Wege fixiren, so bewegen sich die Augen rasch der Richtung des Wagens entgegen. Dadurch wird zu diesem Zwecke ausgeübten Willensimpulse als überhaupt für die Fixation nöthig zu halten, und macht die entsprechenden Augenbewegungen auch bei der Fixation ruhender Objekte, die dadurch die Scheinbewegung log ist die Erklärung des Gesichtsschwindels nach Drehbewegungen des Kopfes. Das oben angeführte Phänomen, dass ein von einer Brücke aus einem rasch längere Zeit Entgegenblickender die Brücke und sich stromaufwärts glaubt.

Auch noch bei dem ausgebildeten Auge ist also nur durch ununterbrochen mit den Resultaten der anderweitigen Sinneswahrnehmungen, vor allem des Tastsinnes, eine genaue Orientirung vermittelt des Gesichtssinnes möglich, also mit keiner etwa angeborenen Fähigkeit zu thun, wenn wir das Gegenstandes die Richtung der Gesichtslinie verlegen, wir thun das in Folge einer Neigung zu der die Stellung des Netzhautbildes an sich nichts beiträgt. An und für sich die Gesichtsempfindungen keine Vorstellung von der Richtung des Gesichtes, solche Vorstellungen zu erzeugen, müssen erst mannichfache Erfahrungen anderer Sinneswahrnehmungen hinzutreten. Unstreitig der wichtigste Saatz der Raumvorstellung ist der Tastsinn; nach den mit seiner Hilfe erhaltenen Resultaten unserer Erfahrung lernen wir die an sich unräumlichen Netzhautbilder. Darin findet die Frage ihre Beantwortung, warum wir die Objekte sehen trotz des verkehrten Netzhautbildes, wie wir schon oben andeuteten (S. 786).

Man hat gewöhnlich die Annahme gemacht, dass jedes Auge die Gegenstände in die Richtung der S. 740 definirten Richtungslinien der beiden Augen vor sich. Beobachtungen Hearsch's muss diese Annahme wesentlich modificirt werden. Das Sehen geschieht mit zwei Augen, und wir lernen unmittelbar aus der Lage kennen, welche die gesehenen Objekte nicht zu einem unserer Augen beider oder vielmehr zur Mittellinie unseres gesammten Körpers eine Scheidung durchaus nicht geübt, die verschiedenen Richtungen beider Augen von einander scheiden. Wir meinen nur mit einem Gesichtsorgane zu sehen, das wir zwischen beiden Augen ein imaginäres Cyklopenauge denken können. Ein imaginäres einfache Auge ist auf den gemeinsamen Fixationspunkt beider Augen. Raddrehung erfolgt nach denselben Gesetzen wie in den beiden Augen, dann die Netzhautbilder aus einem der wirklichen Augen in das Cyklopenauge in der gleichen Anordnung, in welcher sie sich dort finden, dann wird das Netzhautbildes nach aussen projicirt in den Richtungen des imaginären Cyklopenauges.

In Bezug auf die Lokalisirung der entoptischen und subjektiven Wahrnehmung. Gesetz, dass jeder Eindruck auf die Netzhaut in denjenigen Theil des Gesichtes fällt, wird, wo ein äusseres Objekt erscheinen würde, welches passend sein Licht die entsprechenden Netzhautstellen zu beleuchten (HELMHOLTZ).

#### Wahrnehmung der Tiefendimension.

Das einzelne Auge belehrt uns zunächst nur über die Richtung, in welcher ein geschener Punkt liegt (HELMHOLTZ). Zur Schätzung der Entfernung vom Auge besitzt es direkt nur das Gefühl über seinen Akkomodationszustand.

lehes aber nur sehr ungenaue Bestimmungen zulässt. Wenn sich der Punkt in der Gesichtslinie, resp. Visirlinie hin- und herbewegt, so gleichmässigem Akkommodationszustand Nichts als die Grösse des reises, der auf der Netzhaut entworfen wird, verändern. Aber auch rung fehlt, wie wir wissen, gänzlich, so lange die Hin- und Her- betreffenden Punktes innerhalb der Grenzen der CZERMAK'schen ationslinie (S. 742) vor sich geht.

wie wir sahen, durch die Benützung des einen Auges direkt nur te Raumanschauung vermittelt, zur Erkenntniss der Tiefendimen- umes ist die Benützung der beiden Augen von wesentlichem

neinen lassen sich die Hilfsmittel, welche wir zur Beurtheilung der limension besitzen, eintheilen in Vorstellung des Abstandes, r Erfahrung über die uns schon anderweitig bekannte besondere der gesehenen Objekte entnehmen, und in Wahrnehmungen ds, welche sich direkt auf Empfindungen beziehen (HELMHOLTZ). stellungen über den Abstand gesehenen Objekte sind von beider Augen zum Sehen, von dem Gefühle einer Akkommodations- von Benützung von Augenbewegungen oder Körperbewegungen voll- hängig. Zunächst kommen hier unsere Kenntnisse über die Grösse Objekte in Betracht. Je entfernter ein Gegenstand ist, desto klei- sto kleinerem Gesichtswinkel erscheint er. Wir können also aus der Grösse des Netzhautbildchens, resp. des Gesichtswinkels eines Gegen- bekannter Grösse, z. B. eines Menschen die Entfernung in der er befindet, nach einiger Uebung sehr genau schätzen oder nach direk- es Gesichtswinkels berechnen, z. B. zu militärischen Zwecken. Bei lche, wie Häuser, Bäume, Kulturpflanzen etc. grössere Schwan- Durchschnittsgrösse zeigen als der Mensch (oder Haustiere), ge- prechend die Entfernungsschätzung oder Berechnung weniger genau. lie wahre Grösse eines entfernten Gegenstandes Nichts bekannt, so wir sie meist sehr bedeutend, wie Bewohner der Ebene die Höhe l die Entfernung innerhalb derselben für weit geringer anschlagen, h sind. Auch die Kenntniss der Form der gesehenen Objekte kann g ihrer Entfernung mit beigezogen werden, namentlich dann, wenn sich zum Theil decken, woraus wir schliessen, dass das deckende ge als das gedeckte. Kennen wir aus Erfahrung an Körpern eine ge- ässigkeit, wie z. B. an einem Haus, einem Tisch, Cylinder etc., so hon, um uns den Eindruck der Körperlichkeit und scheinbares Her- l Zurückweichen der einzelnen Theile desselben hervorzurufen. mag in diesem Falle ein richtiges perspektivisches, namentlich gut d, während die beste auch photographische Abbildung von Gegen- n Form uns unbekannt ist, uns kaum eine annähernde Anschauung perliche Form gewähren kann. Je nach ihrer Neigung gegen die ein- hlen zeigen die Flächen eines Körpers verschiedenartige Beleuch- chlagschatten, den er wirft, giebt uns Aufschluss, wie die be- rper zu ihm gelagert sind. So dient die Beleuchtung auch bei der Entfernung eines gesehenen Gegenstandes. Für entfernte Gegen-



stände hilft ausser der eigentlichen Beleuchtung auch die Luft mit. Unter Luftperspektive versteht man bekanntlich die Trübung und Veränderung der Bilder ferner Objekte wegen der unvollkommenheit der vor ihnen liegenden Luftschichten. Die Farbenveränderung ist von der Dicke der Luftschichte zwischen dem beobachtenden Auge und dem Objecte abhängig. Sind die fernen Gegenstände dunkler als die vorliegenden, z. B. ferne Berge, so erscheinen sie blau, sind sie heller, so erscheint die untergehende Sonne roth. Die Durchsichtigkeit der Luft ist aber zu verschiedenen Zeiten, an verschiedenen Orten so schwankend, dass sie zahlreiche Irrthümer in den Schätzungen über die Entfernung der gesehenen Objekte hervorruft. Die Bewohner der Luft im Hochgebirge, welche auch relativ ferne Gegenstände und fast ohne Veränderung ihrer Farbe durch Luftperspektive wahrnehmen, betheiligt sich für die Bewohner von Tiefebene mit dem oben angeführten Umstande um ihnen die Gröszen- und Entfernungsverhältnisse in den Bildern zu lassen; erst fortgesetzte Uebung durch Ersteigen und Wandern in ihren Thälern bringt eine richtige Schätzung der Wege. Auch an der oben erwähnten Vergrösserung des Mondes theilt die Luftperspektive entschieden Antheil.

Es ist unzweifelhaft, und bei Kindern ist es durch Beobachtung leicht und sicher nachzuweisen, dass wir die Gesetze der Beleuchtung, der Lufttrübung, der perspektivischen Darstellung und der Vergrösserung verschiedener Körper, die Grösse der Menschen und Thiere etc., die Vertheilung der Körperformen und Entfernungen benützen, erst durch Uebung gelernt haben und unsere Kenntniss durch Uebung verfeinern. Wir sind aber auf diesen Erfahrungen begründeten Anschauungen über die körperlichen Verhältnisse der gesehenen Objekte ein Akt des Urtheils, der aber es fehlt uns in den meisten Fällen davon jedes Bewusstsein. Die Vorstellungen geschehen nicht bewusst und nicht willkürlich, sondern ganz analog wie bei den unmittelbaren Wahrnehmungen wie die durch die zwingende Macht, wie durch eine blinde Naturgewalt hervorgebrachten Anschauungen von der räumlichen Anordnung der Körper und der sinnlichen Lebhaftigkeit; es ist das von der grössten Wichtigkeit für die Beurtheilung unserer scheinbar objektiven Sinneseindrücke (Hering).

Die zweite Klasse der Hilfsmittel, die wir zur Beurtheilung der Dimensionen besitzen, sind wirkliche Wahrnehmungen der Bewegung. Diese beruhen auf dem Gefühl der Akkommodationsanstrengung, auf der Benützung von Bewegungen des Kopfes und des Gesichts, auf der bei der Beobachtung, und auf dem gleichzeitigen Gefühl der Bewegung der Augen.

Schon oben wurde erwähnt, dass und warum die Akkommodation nur äusserst unvollkommene Hilfsmittel zur Beurtheilung der Entfernung sind. Wundt machte Versuche darüber, indem er mit einem Auge durch einen feststehenden Schirmes nach einem vertikal ausgespannten Faden blickte. Ueber die absolute Entfernung konnten so gut wie keine Angaben gemacht werden. Eine Annäherung des Fadens an das Auge wurde bemerkt, konnte als eine Entfernung desselben, im ersten Falle kam die

akkommodationsanstrengung zum Bewusstsein, mit Ermüdung der Akkommodation wachsende Unsicherheit der Beurtheilung der Wahrnehmungen ein.

Neben all den bisher genannten Mitteln zur Schätzung der Entfernung steht vornehmlich obenan die Vergleichung der **perspektivischen Bilder** eines Gegenstandes von verschiedenen Standpunkten aus. Eine solche Vergleichung ist sowohl mit einem Auge als mit Benützung beider Augen möglich. Im ersteren Falle beobachten wir die perspektivische Verschiebung der Gegenstände bei Kopf- und Körperbewegungen; gebrauchen wir beide Augen, so beobachten wir gleichzeitig zwei perspektivisch verschiedene Bilder von demselben Gegenstande.

Augenlose Personen scheinen sich des Mittels der perspektivischen Vergleichung der Objekte bei Kopf- und Körperbewegungen vorzüglich zu ihrer Bestimmung der Entfernung zu bedienen. Wenn wir uns vorwärts bewegen, so scheinen uns gelegene ruhende Gegenstände hinter uns zurück, sie gleiten scheinbar in entgegengesetzter Richtung, als wir fortan uns vorüber. Je näher die Gegenstände sich uns befinden, desto stärker ist diese Scheinbewegung, fernere Gegenstände zeigen sie auch, aber mit abnehmender Entfernung langsamer, sehr entfernte Gegenstände wie Sterne bleiben an ihrem Platz im Gesichtsfelde. Die scheinbare Geschwindigkeit der Winkelbewegung der Gegenstände im Gesichtsfelde gestattet, da sie ihrer wahren Winkelgeschwindigkeit umgekehrt proportional ist, sichere Schlüsse auf die wahre Entfernung. Durch die gegenseitige Verschiebung, welche dabei die verschiedenen entlegenen Gegenstände zeigen, wird uns ihre verschiedene Entfernung direkt angedeutet. Die entfernteren Objekte bewegen sich im Vergleich mit den näheren in der Bewegungsrichtung des Beobachters vorwärts, die näheren umgekehrt scheinbar rückwärts. Bekanntlich beruht die Bestimmung der Fixsternparallaxen (resp. Parallaxen) auf derselben scheinbaren Verschiebung, wobei die Fortbewegung des Beobachters nicht durch seine eigenen Körperbewegungen, sondern durch die Bewegung der Erde um die Sonne besorgt wird.

Beim binokularen Sehen entwirft jedes Auge ein perspektivisches Bild des Gegenstandes. Wegen des verschiedenen Standpunktes, den die Augen gegenüber dem Objekte einnehmen, sind diese Bilder etwas voneinander verschieden. Die Unterschiede sind dieselben, als ob wir den Gegenstand erst in dem einen Auge hätten abbilden lassen, und hätten dann das Bild in das zweite Auge übertragen, um ebensoviele, als die beiden Augen voneinander abstehten, so weit es mit den oben geschilderten Veränderungen der Bilder durch perspektivische Verschiebung identisch. Auf diese Weise werden ganz ausserordentlich sinnliche Anschauungen der Entfernung hervorgerufen. Bekanntlich wird der Eindruck der stereoskopischen Abbildungen auf diesem Wege erzeugt.

Je zwei zusammengehörigen stereoskopischen Bildern stellt das eine die Ansicht dar, wie sie das rechte, die andere die Ansicht, wie sie das linke Auge von dem abgebildeten Gegenstande bei direkter Betrachtung erhalten würde. Die beiden Bilder sind also von etwas verschiedenen Gesichtspunkten aufgenommen, sie dürfen einander nicht gleich sein; vermehrt man die Entfernung der Objekte, müssen die Bilder von näher liegenden Standpunkten aufgenommen werden, welche dem Bilde des rechten Auges entspricht, um so weiter nach



links, in der dem Bilde des linken Auges entsprechenden Abbildung dagegen nach rechts verschoben sein, je näher die Objekte an den Beschauer heranziehen, wir die beiden Abbildungen so auf einander, dass die Bilder unendlich weit sich decken, so werden die Bilder von näher gelegenen um so weiter auseinander verschoben, je näher sie dem Beschauer sind. Diese mit der zunehmenden Annäherung des Beschauers wachsende Distanz wird als stereoskopische Parallaxe bezeichnet, positiv, wenn die näheren Punkte für das rechte Auge nach links, für das linke nach rechts verschoben zeigen.

Solche stereoskopische Bilder geben uns dieselbe Anschauung der Körper, wie wir sie bei wirklicher Betrachtung des Gegenstandes selbst erhalten. Betrachtung müssen die Bilder so gleichzeitig vor die beiden Augen gebracht werden, dass die unendlich entfernten Punkte, die die Bilder darstellen, in der gleichen Richtung gesehen werden. Legt man die beiden Bilder so rechts und links neben einander, dass die entsprechenden Punkte etwa um den Abstand der Knotenpunkte der beiden Augen voneinander abstecken, und betrachtet sie mit parallel gerichteten Gesichtslinien, so tritt die stereoskopische Täuschung ein, man sieht dann scheinbar drei Bilder, von denen das mittlere, mit beiden Augen stereoskopisch erscheint, die seitlichen Bilder, von denen das linke nur mit dem linken Auge gesehen wird, erscheinen natürlich als Spiegelbilder des mittleren, um dem Beobachter die Auffindung und Erhaltung der richtigen Augenstellung für das stereoskopische Sehen zu erleichtern, da dasselbe eine gewisse Uebung voraussetzt. Für die Erzeugung der körperlichen Anschauung aus diesen sogenannten Stereoskopen ohne wesentlichen Vortheil.

Die Unterschiede der beiden Netzhautbilder, welche zur Wahrnehmung der Dimension des Raumes führen, werden mit ausserordentlicher Genauigkeit ausgeführt. Schon die gewöhnlichen stereoskopischen Photographien zeigen bei sorgfältiger Betrachtung der Contouren vorne stehender Gegenstände die charakteristischen Unterschiede. Das Auge kann bei dem stereoskopischen Sehen noch Unterschiede wahrnehmen, welche sonst kaum mit Anwendung künstlicher Messinstrumente aufgefunden werden, was z. B. zu der bekannten Anwendung des Stereoskops zur Unterscheidung nachgeahmter Banknoten von den echten benutzt wird. Nach den Beobachtungen von HELMHOLTZ geschieht die Vergleichung der Netzhautbilder beider Augen bei dem stereoskopischen Sehen mit derselben Genauigkeit, mit welcher die Abbildung (cf. S. 767) von einem und demselben Auge noch gesehen werden kann.

Mit der zunehmenden Entfernung der Gegenstände nimmt unsere Fähigkeit, diese richtig stereoskopisch zu erkennen, rasch ab, da für die Betrachtung sehr entfernt stehender Gegenstände die menschlichen Augen nicht weit genug voneinander abstecken, um verschiedene Netzhautbilder zu erhalten. Vergrössert man die Distanz der Augen, so erscheint nun auch von entfernten Gegenständen das Relief deutlicher. Zu diesem Zweck dient das Telestereoskop.

Die absolute Entfernung eines binokular gesehenen Gegenstandes kann, wenn alle anderen Momente zur Bestimmung fehlen, mittelst des Musculars geschätzt werden, welches die Konvergenz unserer auf den Gegenstand eingestellten Augen hervorrufen. WUND hat messen darüber angestellt. Auf einen schwarzen vertikal und verschiebbaren Faden vor einem entfernten gleichmässig weissen Grund blickte er mit beiden Augen, sodass er Nichts als einen Theil des Fadens sehen konnte. Die Entfernung wurde immer kleiner geschätzt, als sie wirklich war. So genau als die absoluten Entfernungen gelingt es auf diese Weise Entfernungen zu schätzen.

zu erkennen, die noch wahrgenommen Aenderungen liegen sogar an der des überhaupt Wahrnehmbaren.

**Stereoskope.** WHEATSTONE war der erste, welcher ein Stereoskop baute. Das Wesentliche in dem Instrumente sind zwei nahe neben einander stehende, unter  $45^\circ$  gegen den horizontalen geneigte Spiegel, deren spiegelnde Flächen nach oben gewendet sind. Die beiden Gegenstände, welche stereoskopisch gesehen werden sollen, werden in einiger Entfernung von den Spiegeln, parallel mit der Meridianebene des Kopfes des Beschauers, aufgestellt. Jeder der beiden Augen des Beobachters sieht auf einen der geneigten Spiegel, von denen jeder eine Abbildung so in das entsprechende Auge reflektirt, als läge das Bild senkrecht vor dem Auge. Der Eindruck für den Beobachter ist dann so, als sähe er an der betreffenden Stelle nicht die beiden Abbildungen, sondern den räumlich ausgedehnten Gegenstand selbst. Durch die Reflexion im Spiegel wird dabei rechts und links verkehrt, so dass die stereoskopisch zu sehenden Bilder negative Parallaxe haben müssen. Verbreiteter als das oben genannte Instrument, ist das Stereoskop von BREWSTER. Es besteht vor allem aus zwei Prismen mit konvexen Flächen, d. h. den Hälften einer dicken Konvexlinse von bestimmter Brennweite, welche die gleiche optische Wirkung haben, als hätte man eine solche Linse mit einem ebenen Prisma verbunden. Die Prismen sind mit ihren Schneiden voneinander gekehrt, je ein Auge blickt durch ein Prisma. Die beiden stereoskopisch zu sehenden Abbildungen befinden sich neben einander auf demselben Blatte. Jedes Auge sieht durch das Prisma auf die für das Auge berechnete Abbildung, während eine Scheidewand hindert, dass jedes Auge die für das andere bestimmte Abbildung sehen kann. Die Lichtstrahlen von den beiden Abbildungen gegen die Prismen verlaufenden Strahlen werden so divergent gemacht, als kämen sie von einem gemeinsamen, in der Mitte zwischen beiden Bildern etwas weiter als diese entfernten Orte her, für den das Auge sich anpassen kann. An diesem Orte erscheint dann das körperliche Bild. Das Ganze ist eingeschlossen in einen passenden Holzkasten, in welchen das Licht meist von einer Seite her einfallt, für transparente Bilder fällt es von hinten her ein durch eine geschlossene Glastafel, auf welcher die Bilder liegen. Am auffallendsten sind die Wirkungen des Stereoskops bei Zeichnungen, welche Körper, z. B. Krystallgestalten, nur im Relief darstellen, selbst sehr verwickelte derartige Darstellungen, die ohne Stereoskop unverständlich sind, erscheinen mit seiner Hülfe in deutlich körperlicher Form. Am auffallendsten wirken die photographischen Abbildungen, bei denen zur richtigen Zeichnung auch noch die vollkommen richtige Schattirung hinzukommt, welche mit Stift oder Feder niemals in dieser Gleichmässigkeit ausgeführt werden kann.

Ueber die Genauigkeit des stereoskopischen Sehens hat DOVE ein Beispiel gegeben. Kombiniert man zwei mit demselben Stempel, aber aus verschiedenem Metall geschlagene Münzen, stereoskopisch, so erscheint das körperliche Bild nicht eben, sondern gewölbt oder schräg liegend. Der Grund liegt darin, dass die Metalle nach dem Prägen sich etwas ungleichmässig wieder ausdehnen, wodurch Grössenunterschiede entstehen, die so gering sind, dass bei gewöhnlicher Vergleichung unmerklich sind, doch auf diesem Wege zur Wahrnehmung kommen. Es gehört fast zu den Dingen der Unmöglichkeit, wenn in einer Druckerpresse derselbe Satz von Buchstaben zweimal gesetzt wird, die Abstände der Buchstaben in beiden Fällen absolut gleich gross zu machen. Kombiniert man daher stereoskopisch z. B. die entsprechenden Blätter aus einer ersten und einer unverändert gebliebenen oder nachgedruckten zweiten Auflage, so scheinen einzelne Worte und Buchstaben vor den anderen zu liegen, während zwei vollkommen gleiche Blätter desselben Drucks gleich erscheinen. Doch können sie in Folge von Unterschieden, veranlasst durch ungleiche Befeuchtung oder Zerrung auch ein gewölbt oder schräg liegendes stereoskopisches Bild geben. Die stereoskopische Unterscheidung falscher von wahren Werthpapiere beruht auf dem gleichen Principe. Es ist absolut unmöglich, die Abstände der Buchstaben in der Kopie absolut genau gleich denen im Original zu machen, diese Unterschiede zeigen sich im Stereoskop als Unebenheiten oder Hervortreten einzelner Worte und Buch-



stehen. Die achten Werthpapiere werden meist mit verschiedenen Druckplatten, die jeder einzelnen Platte entsprechenden Drucke liegen, stereoskopisch auf verschiedenen Ebenen, sodass das Stereoskop dadurch Aufschluss geben und Druckplatten zum Druck Verwendung gefunden haben. Die Kontrolle stützt sich auf stereoskopischem Wege stützt sich auf analoge Verhältnisse. Auch von Ipern, z. B. vom Mond, kann man stereoskopisch zu kombinierende Bilder photographirt zu diesem Zwecke den Mond in zwei verschiedenen Monaten, in denen die Beleuchtung durch die Sonne dieselbe ist. Die geringen Veränderungen in der Stellung gegen die Erde genügen dann, ihn nicht nur in Kugelgestalt, sondern wenigstens zum Theil, seine Ringgebirge im natürlichen Relief erscheinen zu lassen.

Auf gewisse Fehler in der Beurtheilung von Linienrichtungen. Sehen mit zwei Augen und Veränderung der Kopfrichtung hat aufmerksam gemacht. Nach seinen Beobachtungen erscheinen diejenigen Linien der Visirebene, welche sich auf solchen Meridianen des Auges abbilden, welche in des Auges parallel der mittleren Sehrichtung wirklich zur Visirebene vertikal (HELMHOLTZ).

Die Lage aller Linien, welche durch den Fixationspunkt gehen, aber nicht recht zu der mittleren Sehrichtung sind, deuten wir nach demselben Princip. Man auf einer ebenen Fläche einen Stern aus einer Anzahl von Linien, die Punkte schneiden, und fixirt diesen Punkt mit nach oben gerichtetem Blick, nach oben gerichteten Strahlen des Sterns in einer konkaven, die nach unten einer konvexen Kegelfläche zu liegen; umgekehrt, wenn man den Kreuzungspunkt unten gerichtetem Blicke fixirt. Der Theorie aus dem oben zuletzt angeführten folge liegen die betreffenden Linien scheinbar in einer Kegelfläche zweiten Grades, deren Spitze im Fixationspunkt liegt, die ferner durch die beiden Blicklinien der Durchschnitt mit der durch die Mittelpunkte der Augen senkrecht zur Visirebene eine Ellipse ist, deren vertikale Axe etwas grösser ist als die horizontale. HAUSEN bestimmte durch Beobachtung die Lage solcher Linien, die zur mittleren Sehrichtung bei gehobenem oder gesenktem Blick senkrecht erscheinen. Der Theorie nach die Messungen gut entsprechen, liegen auch diese Linien in einer durch den Fixationspunkt und die Blicklinien gebenden Kegelfläche zweiten Grades, die RECALINGHIER Fläche benennt, weil in ihr die zur mittleren Sehrichtung scheinbar vertikal liegen. Sie fällt für Augen, welche keine Abweichung des Scheinbar vertikal haben, mit der Horopterfläche zusammen, für Linien, die durch den Fixationspunkt gehen.

### Das binokulare Doppeltsehen.

Von der Ungleichheit der Anordnung der Objekte in unseren Gesichtsfeldern können wir uns schon bei jedem Blick durch das Fenster überzeugen. Schliessen wir, ohne die Stellung des Kopfes zu verändern, abwechselnd das linke und das rechte Auge, so bemerken wir sofort, dass z. B. neben dem Fenster sich dem rechten Auge die Aussicht noch etwas weiter nach links ausstreckt als dem linken. In dem Gesichtsfeld des rechten Auges grenzen sich andere Objekte an als in dem des linken. Durchmustern wir das binokulare Gesichtsfeld genau, so bemerken wir, dass das Fenster zweimal vorkommt, an die vor dem Fenster sichtbaren Gegenstände. Die Erscheinung, dass bei der Fixation ferner Objekte ein dazwischen stehender Gegenstand doppelt, also an zwei verschiedenen Stellen des gemeinsamen

cheint, gelingt leicht, wenn man einen Finger senkrecht nahe vor

Fixiert man dann entferntere Gegenstände, so erscheint der näher doppelt. Benützt man als zweites fernerer Fixationsobjekt wieder anderen Hand, so kann man beliebig bald den näheren, bald den ger doppelt oder einfach sehen, je nachdem man mit den Fingern der Wahrnehmung der Doppelbilder gehört übrigens schon einige rekten Sehen.

Wenn beiden Augen  $b_1$  und  $b_0$  den Punkt  $a$ , so erscheint er einfach. Der den Augen liegt für das Auge  $b_1$  rechts, für das Auge  $b_0$  links von der Gesichtslinie, im Blickfeld  $c$  also für  $b_1$  rechts, für  $b_0$  links von  $a$ , wenn im Gesichtsfelde kommt es also so wohl von  $a$  vor, erscheint also doppelt, und zwar in ähnlichen Bezeichnung in ungleichen Doppelbildern, das scheinbar rechtsliegende  $a$  gehört dem linken, das scheinbar links liegenden Auge an. Ein Punkt, der entfernter liegt, erscheint dagegen in gleichartigen Doppelbildern, das rechtsliegende Doppelbild dem rechten, das linksliegende dem linken

erscheint auch in Doppelbildern, wenn seine Projektionsfeldern beider Augen zwar gleich weit von fixierten Punkten, aber hinreichend verschieden haben, dass der Richtungsunterschied merkbar wird. Der Punkt  $c$  wird also doppelt, wenn er z. B. höher oder tiefer und gleichzeitig näher liegt als der fixierte Punkt  $a$ .

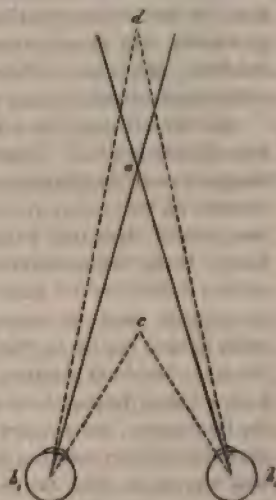
Wenn man meinen erscheinen alle die Objekte doppelt, deren scheinbare Projektionsfelder in Beziehung

zum Fixationspunkt hinreichend verschieden erscheint, dass die Identität dem Augenmaasse auffällig wird. Objekte, deren Projektionsfelder scheinbar gleiche Lage gegen den Fixationspunkt haben, werden dagegen einfach gesehen (HELMHOLTZ). Punkte, welche in beiden Sehfeldern scheinbar gleiche Lage zum Fixationspunkt haben, deren Bilder im gemeinsamen Gesichtsfelde sich also decken, werden einfach gesehen werden, werden nach HELMHOLTZ als Deckkorrespondierende Punkte bezeichnet mit einem älteren Ausdruck **identische Punkte**. Die sich nicht deckenden Punkte nennt man **disparante Punkte**.

Da das Sehfeld jedes Auges seine nach aussen projicirte Netzhaut in jedem Punkte in jedem Sehfelde ein Punkt der Netzhaut enthält, so kann man sich auch der Benennung Deckpunkte, korrespondierende Punkte der beiden Netzhäute bedienen.

Es ist leicht der Nachweis führen, dass die Fixationspunkte der beiden normaler Augen korrespondierende Punkte sind. Dem Fixationspunkt entspricht die Mitte der Fovea centralis der Netzhaut. Die Mittelpunkte der Fovea centralis sind also identische Netzhautpunkte. Ein Objektpunkt, der gleichzeitig auf den beiden Centren der Netzhautgruben abbildet,

Fig. 228.





wird einfach gesehen. Dieser Satz erleidet nur bei gewissen Fällen eine Ausnahme. Schon JOHANNES MÜLLER definirte die Lage der übrigen Netzhautpunkte nach der Hauptsache nach richtigen Regel, dass in der Mitte der Netzhäute in gleicher Richtung gleichweit ab-

Gehen wir auf die Verhältnisse im Einzelnen ein, so ergibt sich aus den Versuchen von VOLLMANN, dass die Netzhauthorizonte beider Augen correspondiren. Es sind das diejenigen Meridiane beider Augen, welche bei paralleler derselben in der Primärstellung mit der Visirebene zusammenfallen\*, die Netzhauthorizonten scheinbar vertikalen Meridiane decken sich. In jenen in Wahrheit nicht vollkommen senkrecht, im emmetropischen Auge etwas nach oben und konvergiren nach unten. In diesen scheinbar vertikalen Linien sind die Punkte identisch, welche gleichweit von den Netzhauthorizonten selbst sind entsprechend die Punkte identisch, welche gleichweit vom Fixationspunkt absteigen. Schliesslich sind alle diejenigen Sehfelder identisch, welche gleiche und gleichgerichtete Abstände von den scheinbar horizontalen und vertikalen identischen Linien haben.

Als Erklärung der Identität der Netzhautpunkte wurden verschiedene Meinungen laut. Einerseits nimmt man an, dass die zu den identischen Sehfeldern gehörigen Fasern des Sehnerven im Gebirne selbst oder noch vor ihrem Eintritt nämlich im Chiasma nervorum opticorum, in der Weise anatomisch verknüpft seien, dass ihre Erregung nur einen einzigen Eindruck zum Bewusstsein kommen könne. In der Sehnervenkreuzung geht die Hälfte der Fasern jedes Tractus opticus auf den Sehnerven der anderen Seite über, und diese Fasern sind in den Netzhäuten so vertheilt, dass die ursprünglich einem Tractus opticus zugehörigen Fasern in beiden Netzhäuten der beiden Netzhäute versorgen. Nach dem eben Gesagten ist die linke Netzhaut identisch mit der rechten Hälfte der anderen, ebenso die rechte mit der linken Hälfte der anderen. Es sind nun Fälle beschrieben von sogenannter Hemioptie, bei welcher in beiden Augen gleichnamige, also identische Sehfelder verloren haben, während die beiden anderen Hälften erhalten sind. Man hat solche Fälle für die Anschauung der anatomischen Verknüpfung der Netzhäute zu verwerthen gesucht unter der Annahme, dass in solchen Fällen der Tractus opticus irgendwie leistungsunfähig geworden ist. Die andere, neuerdings von HELMHOLTZ gestützte Ansicht, sieht in der Verknüpfung zweier Netzhäuten keinen Erfolg in unserem Bewusstsein nichts Angeborenes, sondern etwas Erworbenes. Schon mehrfach haben wir gesehen, dass wir die Sinnesempfindungen nur als Gruppen wahrnehmen, deren Deutung etwa wie die der Schriftzeichen erlernt werden müssen. Ausseren Dinge erregen gleichzeitig eine Anzahl verschiedener Nervenfasern, sodass alle uns ohne weitere Analyse einfach erscheinenden Sinnesempfindungen aus einer grösseren oder kleineren Anzahl von einzelnen Sinnesempfindungen bestehen, welche wir in unserem Bewusstsein erst so verknüpfen, dass wir sie als ein einheitliches Subject beziehen. Wir hören einen Ton mit zwei Ohren, wir riechen denselben Geruch mit zwei Nasenlöchern, wir fühlen einen Gegenstand einfach, wenn wir ihn mit zwei Händen anfassen, obwohl hierbei Gruppen anatomisch getrennter Nervenfasern erregt werden. Im Allgemeinen vielleicht ausschliesslich von der Erziehung des Sinnes ab, ab wir eine häufig wiederkehrende Gruppe von Sinnesempfindungen als einheitliche Zeichen eines oder mehrerer Objekte deuten. Auf den Fixationspunkt und die übrigen identischen Linien und Punkten werden beim normalen Gebrauch

\* Bei kurzsichtigen Augen trifft diese Definition jedoch nicht vollkommen zu. Die Beobachtungen VOLLMANN's liegen bei diesen die äussere Seite jedes Netzhäutchen tiefer als die innere.

der derselben Objekte dargestellt, von deren Einheit wir uns durch den Tastsinn Augenblick überzeugen und unser Bewusstsein dahin erziehen können.

Man sieht auf identischen Netzhautpunkten verschiedene Gegenstände ab, so erscheinen auch Doppelbilder, wie z. B. wenn wir durch seitlichen Druck das eine Auge verengen oder wenn durch Augenmuskellähmung das gleichzeitige Fixiren eines Gegenstandes nicht mehr möglich ist, wie beim Schielen. Es sind aber auch Fälle beschrieben, in denen die schielenden Augen meist ziemlich gleiche Sehschärfe besaßen, bei denen die Fixationspunkte nicht mehr identisch waren. Es korrespondirte dem Centrum der Netzhautgrube des einen eine mehr nach innen oder aussen gelegene Stelle der Netzhautgrube des anderen Auges. Solche Schielende sehen einfach trotz der Stellungsveränderung ihrer Augen. Doch ist dieser Grund des Einfachsehens Schielender viel seltener, welcher besonders bei verschiedener Sehschärfe der beiden Augen vorkommt, nämlich das Netzhautbild des einen Auges (meist des schwächeren) gegen das des anderen vernachlässigt wird, ähnlich als hätte man durch eine monokulare Brille (Zwicker) das kurzsichtige Auge fernsehend gemacht, wobei das Bild des anderen sofort scharf wird. In dem Falle, dass sich ein neues Identitätsverhältniss der schielenden Augen gebildet hat, wird der früher Schielende nach einer gelungenen Schieloperation nun wieder im Anfang Doppelbilder sehen. Nach einiger Zeit soll sich durch Gewöhnung wieder das normale Identitätsverhältniss herstellen. Wie sehr diese Erfahrungen an sich für die zweite Ansicht über die Ursache der Identität sprechen, leuchtet ohne Auseinandersetzung ein.

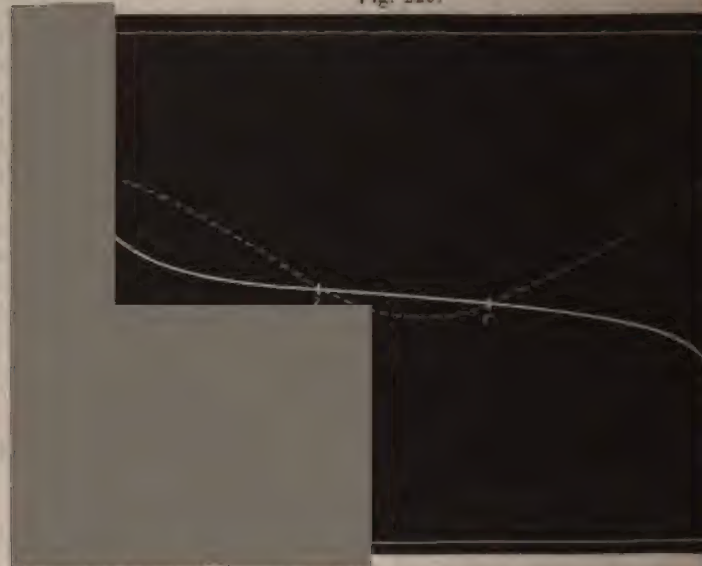
### Horopter.

Die frühere Betrachtung beschäftigte sich bisher mit der Lage der identischen Punkte in den Sehfeldern, resp. Netzhäuten. Wir haben noch die Lage derjenigen Punkte des Raumes selbst zu bestimmen, welche sich auf identischen Punkten der Netzhäuten abbilden und daher einfach gesehen werden, die man in ihrer Gesamtheit als Horopter bezeichnet. Diese Bezeichnung scheint zuerst von AGUILONIUS gebraucht worden zu sein. Nach seiner Theorie sollten die Gesichtsbilder immer auf eine gewisse durch den Fixationspunkt gehende Ebene projectirt werden, die er den Horopter nannte. Die Gesichtsbilder sollten einfach oder doppelt erscheinen, je nachdem ihre Projektion einfach oder doppelt wäre. Als man die Lage der identischen Punkte näher erkannt hatte, konnte man den Horopter im Allgemeinen nicht mehr für eine Ebene halten. J. MÜLLER lehrte, dass der Horopter eine Ebene ist, die den Fixationspunkt und die beiden Augen gehender schneidet (MÜLLER'S Horopterkreis). Nach HERING'S Beweis ist der Horopter im Allgemeinen eine Kugel. Durch die Arbeiten von HELMHOLTZ und HERING, an welche sich die von HANS MÜLLER anschließen, wurde das rein mathematische Problem des Horopters gelöst. Nach HELMHOLTZ'S Definition ist der Horopter im Allgemeinen eine Linie doppelter Krümmung, welche als die Schnittlinie zweier Flächen zweiten Grades (Hyperboloide mit einer Mantelfläche, Kegel oder Cylinder) angesehen werden kann. Die Schnittlinie zweier Flächen zweiten Grades ist im Allgemeinen vom vierten Grade, d. h. von einer Ebene in je vier Punkten geschnitten werden. In dem uns vorliegenden Falle haben aber die beiden schneidenden Flächen eine gerade Linie gemein, welche nicht nur die Schnittlinie ist, sondern auch die Schnittlinie ist eine Kurve dritten Grades, d. h. eine solche, die von einer beliebigen Ebene nur in drei Punkten geschnitten werden kann. Diese Kurve hat die bemerkenswerthe Eigenschaft, dass, wenn man durch einen festen Punkt derselben, einerseits, und durch alle anderen Punkte der Kurve andererseits gerade Linien legt, diese Linien einen Kegel zweiten Grades bilden. Wählt man als Spitze des Kegels einen beliebig entfernten Punkt der Kurve (dieselbe läuft nämlich mit mindestens zwei Aesten ins Unendliche hinaus), so wird der Kegel ein Cylinder, dessen Basis eine Kurve zweiten Grades ist.



Um eine Anschauung von der Gestalt einer solchen Kurve dritten Grades denken wir uns dieselbe, nach HELMHOLTZ, auf eine Cylinderfläche gezeichnet.

Fig. 229.



die Ebene abgerollt. Die ausgezogene Kurve *eabcf* stellt dann ihre Form dar. Die Kurve sei die Schnittlinie der Visirebene mit dem Cylinder, sie schneidet den Grad in drei Punkten *a*, *b*, *c*; letztere läuft an zwei Stellen *e* und *f* in das Unendliche, indem sie sich asymptotisch der geraden Linie *gg* oder der mit dieser identischen Linie nähert. Um sich die körperlichen Verhältnisse anschaulich zu machen, rollt man mit den beiden Kurven zu einem entsprechenden Cylinder wieder zusammen. Wir denken uns die Kurve dritten Grades als Horopterkurve, so geht sie durch den Mittelpunkt der Netzhaut in beiden Augen. In der beistehenden Figur sind *b* und *c* die Orte der Fixationspunkte; das Stück *bc* fällt als im Innern des Kopfes liegend in den gewöhnlichen Sprachgebrauch nach also nicht zum eigentlichen Horopter gehörig. Die Horopterkurve besteht danach aus zwei vollkommen getrennten Zweigen. Die Horopterkurve in ihrer Gesamtheit, wie sie bei der mathematischen Behandlung der Horopterkurve werden pflegt, wird als Horopterkurve von denjenigen Theilen derselben, welche wirklich einfach gesehen werden können, und für die ausschließliche Horopter oder Punkthoropter gebraucht wird.

Wenn die beiden Netzhauthorizonte gleiche, aber nach entgegengesetzten Seiten den Winkel mit der Visirebene bilden, während der Fixationspunkt in unendlicher Entfernung liegt, fällt die Horopterkurve mit ihrer geraden Asymptotenlinie *gg* und der Kurve zweiten Grades zusammengelegten Linie *aa* zusammen. Die beiden Zweige der Horopterkurve stoßen dann in diesem Schnittpunkte zusammen. Bedingung dazu ist erfüllt, wenn der Fixationspunkt entweder in der Medianebene oder in der Primärlage der Visirebene liegt. Im ersten Fall liegt der Fixationspunkt auf der geraden Horopterlinie, im zweiten auf dem Kegelschnitt, der unter diesem Namen bekannt ist: MÜLLER'S HOROPTERKREIS. Liegt der Fixationspunkt sowohl in der Medianebene des Kopfes als auch in der Primärlage der Visirebene, so schneiden sich die Horopterlinie und der Kreis.

Liegt sowohl der Fixationspunkt in der Medianebene, aber in unendlicher Entfernung, und, wie gewöhnlich bei emmetropischen Augen, die Netzhauthorizonte in

in diesen einzigen Fall der Horopter eine Fläche, und zwar eine Ebene, die tropische Augen nahezu mit der Fussbodenebene des stehenden Beobachters einfällt, bei Kurzsichtigen dagegen meist in grösserer Entfernung liegt. Es leuchtet ein, wie wichtig dieses Verhältniss ist; wir bekommen dadurch eine genaue Angabe des Bodens, auf dem wir gehen, im indirekten Sehen, wenn wir, wie gewöhnlich bei Betrachtung eines entfernt vor uns liegenden Gegenstandes vorwärts schreiten.

Nicht, wie bei den bisherigen Betrachtungen angenommen wurde, Punkte, sondern Linien einfach gesehen werden, so genügt es, dass die Linien beider Netzhäute, auf der Bild erscheint, identisch seien, ohne dass gerade Punkt für Punkt der Bilder korrespondiren müsste. Ist ein zweites Bild dieser Linie in der Richtung der Linie selbst vorhanden, so kann es sich, wie direkte Anschauung ergiebt, mit dem ersten doch noch in der Länge decken, es wird das besonders bei geraden Linien der Fall sein können. Die

Linien, in welcher gerade Linien von bestimmter Richtung gelegen sein müssen, um in dieser Weise auf identischen Netzhautlinien sich abzubilden, heisst ein Linienhoropter.

Bezeichnet man ihn als Vertikalhoropter für die Linien, welche in den beiden Sehfeldern senkrecht zu den beiden Netzhauthorizonten zu stehen scheinen, als Horizontalhoropter, für die, welche zu den Netzhauthorizonten parallel erscheinen.

Für Linien, welche in den Sehfeldern parallel liegen, ist ein solcher Linienhoropter im Allgemeinen ein Hyperboloid mit einer Mantelfläche, welches in besonderen Fällen in einen Cylinder übergehen kann.

Für gerade Linien, die sich in einem Punkte der Horopterkurve schneiden, ist der Linienhoropter ein Kegel zweiten Grades, welcher den gemeinschaftlichen Schnittpunkt mit den anderen Punkten der Horopterkurve verbindet.

Ueberhaupt ist jede gerade Linie, welche durch zwei Punkte der Horopterkurve geht, einfach gesehen.

(Vergleiche hier bei HELMHOLTZ, phys. Optik, nachzusehen).

Vernachlässigung der Doppelbilder. Es braucht nach der bisherigen Darstellung der Verhältnisse der Gesichtswahrnehmungen keiner Auseinandersetzung mehr, warum wir beim gewöhnlichen Sehen von den Doppelbildern der Objekte, welche ihre Bilder auf identische Netzhautstellen entwerfen, nichts bemerken.

Fixiren wir einen Gegenstand mit beiden Augen, so erscheint er einfach und deutlich, und die ferner oder näher liegenden Gegenstände, welche im indirekten Sehen doppelt erscheinen, bleiben unbeachtet.

Wir vernachlässigen die immer auch viel undeutlicheren Doppelbilder nicht im Horopter gelegener Objekte um so leichter, da wir durch anderweitige Erfahrungen unserer Sinne vor allem durch den Tastsinn, von der Einfachheit derselben eine tausendfältige Bestätigung besitzen.

Die Doppelbilder sind uns die sinnlichen Zeichen nicht der im Horopter gelegener einfacher Objekte. Um die Doppelbilder zu sehen, müssen wir uns erstlich von den wahrgenommenen Objekten selbst abstrahiren und auf unsere Gesichtseindrücke als solche achten.

Daher erklärt es sich, dass wir die Doppelbilder erst nach gewisser Uebung erkennen lernen, und dass ihr Auffinden auch für Solche dauernd möglich sein kann, die sonst in physischen Beobachtungen nicht ungeübt sind.

Die Doppelbilder sind uns die sinnlichen Zeichen nicht der im Horopter gelegener einfacher Objekte. Um die Doppelbilder zu sehen, müssen wir uns erstlich von den wahrgenommenen Objekten selbst abstrahiren und auf unsere Gesichtseindrücke als solche achten.

Daher erklärt es sich, dass wir die Doppelbilder erst nach gewisser Uebung erkennen lernen, und dass ihr Auffinden auch für Solche dauernd möglich sein kann, die sonst in physischen Beobachtungen nicht ungeübt sind.

### Wettstreit der Sehfelder.

Die beiden Gesichtsfelder mit so verschiedenartigen Formen gefüllt, dass sie keine stereoskopische Verbindung zu dem Bilde eines Körpers erlauben, so erblickt man im Allgemeinen beide Bilder gleichzeitig und im Gesichtsfelde einander superponirt.

Meist aber liegt in einzelnen Theilen des gemeinsamen Gesichtsfeldes mehr das eine Bild, in anderen mehr das andere, und zwar kann das insofern wechseln, dass da, wo eine Zeit lang ausschliesslich Theile des einen Bildes sichtbar waren, nun Theile des anderen hervortreten und die ersteren verdrängen.

Dieser Wechsel wird als Wettstreit der Sehfelder bezeichnet, er lässt Theile der beiden Bilder bald neben, bald nach einander sich gegenseitig verdrängen.

HELMHOLTZ giebt an, dass es im Stande sei, willkürlich seine Aufmerksamkeit bald dem einen, bald dem anderen zuwenden zu lassen.

HELMHOLTZ giebt an, dass es im Stande sei, willkürlich seine Aufmerksamkeit bald dem einen, bald dem anderen zuwenden zu lassen.

Physiologie. 2. Aufl.



deren monokularen Sehfelder zuzuwenden, wobei dann die Eindrücke der getreten vollkommen verschwinden. Diese Thatsache ist wichtig, weil sie lehrt, dass jedes einzelnen Sehfeldes, ohne durch organische Einrichtungen mit einander zu sein, zum Bewusstsein gelangt, und dass die Verschmelzung beider zu einem gemeinsamen Bild, wo sie vorkommt, also ein psychischer Akt ist. Die bekanntesten sind die Erscheinungen des Wettstreits beider Sehfelder, wenn verschiedenfarbige oder verschieden erleuchtete Felder bei man von zwei möglichst gleich hellen farbigen Gläsern, z. B. ein rothes und ein eine vor das rechte, das andere vor das linke Auge, so erblickt man die fleckig roth und blau gefärbt, und zwar in einem unruhigen, besonders anhaltenden Farbenwechsel, endlich stumpft sich die Empfindlichkeit für die Färbung des Gesichtsfeldes wird eine mehr gleichmässige, unbestimmt, immer noch farbig wechselnd grau. Die Ansichten sind übrigens über die binokularen Farbenmischung getheilt. Während HELMHOLTZ u. A. hierbei nur der Sehfelder wahrnehmen, sehen BRÜCKE, PAMON, HERING u. A. die Mischen und REYNAULT konnten sogar auf diese Weise die Komplementärfarben binokular vereinigen. Ueber die wahrscheinlich subjektive Ursache dieses Verschiedenen sind die Akten noch nicht geschlossen. Von vorne herein scheint es nicht zu sein, bei der binokularen Deckung zweier Farben die Verschiedenheit nicht zum Vorkommen braucht, die zwischen einem solchen Eindruck und einer monokularen statthat. Im Gegentheil scheint diese Art der binokularen Mischung der These zu einer Stütze zu dienen, da ja nach ihr die Mischfarbe auch nicht als die Summe dreier verschiedenartiger, sich sonst nicht beeinflussender, einen auf eines der spezifisch verschiedenen farbenpercipirenden Organe, in die für eine Mischfarbenempfindung gleichzeitig zu reizenden Farbenorgane demselben Auge zu liegen, die Leitung findet für die Mischung nicht nur in Fasern desselben Optikus, sondern sogar in zwei verschiedenen Optikus, die Mischung selbst kommt erst im Centralorgane zu Stande.

**Der Glanz stereoskopischer Objekte.** Lässt man in dem einen von zwei stereoskopischen Bildern eines Körpers eine Fläche weiss, die man in dem anderen schwarz macht, oder giebt man ihnen verschiedene Farben, so erscheint bei der stereoskopischen Betrachtung glänzend. Der Grund scheint der zu sein, dass die Flächen glänzend erscheinen, die eine mehr oder weniger regelmässige Spiegelung zeigen, wobei es sich oft trifft, dass eines unserer Augen sich in der Richtung des Strahles befindet, das andere nicht, dem ersten erscheint dann die Fläche dem anderen schwach (HELMHOLTZ). Einen analogen Eindruck des Glanzes bringen, wenn wir im Stereoskope eine Fläche mit beiden Augen verschoben sehen. Ebenso kann es vorkommen, dass ein glänzender, von farbiger gebener Körper dem einen Auge reflektirtes Licht von einer Farbe, dem anderen von einer anderen Farbe zusendet, sodass er beiden Augen verschieden gefärbt erscheint, was im matten Körper niemals der Fall sein kann. Wenn im stereoskopischen Sehen der Körper anders gefärbt sieht als das andere, so kann dieser Eindruck als Täuschung gedeutet werden (HELMHOLTZ). Nach DOVE und BRÜCKE scheinen auch andere Erscheinungen des Glanzes berechtigt.

### Die Schutzorgane des Auges.

Ueber die Anatomie der Schutzorgane des Auges vergleiche anatomischen Handbücher.

Die Augenlider werden durch die vom Facialis angeregte Kontraktion der M. palpebrarum geschlossen. Bei dem oberen hilft beim Schliessen die M. orbicularis, welche die Oeffnung des untern vorzüglich besorgt. Das obere wird durch die M. orbicularis geschlossen.

den innervirten Levator palpebrae superioris geöffnet. An der Oeffnung beider Lider setzen sich aus organischen Muskelfasern bestehende, vom Sympathikus abhängige Reflexen (H. MÜLLER, SOPPEY). Der Lidschluss erfolgt willkürlich und unwillkürlich im Lidschluss als Reflex bei Berührung des Augapfels, der Wimperansätze und durch intensive Reizung der Retina.

Thänenflüssigkeit benetzt fortwährend die vordere Augenfläche. Der Weg der Thänenflüssigkeit vom oberen äusseren Augenwinkel in der kapillaren Spalte des Konjunktivalsacks zum Thränensee im inneren Augenwinkel, und von da durch die Thränenlinsen, die steifen, kapillaren Thränenröhrchen, den Thränenkanal und die Nasenhöhle, ist der beschreibenden Anatomie genügend bekannt. Der Lidschlag befördert den Abfluss der Thänen in die Nase. Beim Lidschluss spannt sich nämlich das Lig. palpebrale innere an und erweitert den Thränenkanal, der nun die Thänenflüssigkeit aktiv ansaugt; wirkt auch der HORNER'sche Muskel auf den Thränenkanal. Das Ueberfließen der Thänenflüssigkeit über den freien Lidrand wird bei normaler Sekretionsgrösse verhindert durch das fettige Sekret der MEIBOM'schen Drüsen. Die Thränenröhren sind von einem Typus der traubenförmigen Drüsen gebaut (F. BOLL). Das Sekret, die Thänenflüssigkeit, ist klar, farblos, schwach alkalisch, von salzigem Geschmack. Es führt als chemischen Bestandtheil vorwiegend Kochsalz, es soll auch geringe Mengen von Zucker und einen Eiweisskörper enthalten. Die Thänenflüssigkeit wird beständig in geringen Mengen secernirt. Durch psychische Alterationen verschiedener Art, sowie reflektorisch und durch direkten Nervenreiz kann die Absonderung bedeutend gesteigert werden. Sekretorische Nervenfasern für die Thränenröhre verlaufen im Ramus lacrymalis trigemini, aber auch im R. subcutaneus maxillaris trigemini und im Halsstamm des Sympathikus. Die Reizung der Retina, Konjunktiva und der Nasenschleimhaut erregt die sekretorischen Nerven. HERZENSTEIN beobachtete, dass die Reflexreizung von der Nasenschleimhaut auf die gereizte Seite beschränkt, und dass sie nach Durchschneidung des Lacrymalnerven ausbleibt.



## Vierundzwanzigstes Kapitel.

### Der Gehörsinn.

---

#### Allgemeines über die Funktion des Ohres und die Schallempfindung.

Die dem Sinnesorgane des Gehörs eigenthümliche Reaktionsweise auf Schallempfindung. Normal wird sie im Ohre von Erschütterungen elastischer Körper, vor allem der Luft, deren Schwingungen das Gehörorgan übertragen werden. Die Schallempfindung unterscheidet sich spezifisch von allen Empfindungen der übrigen Sinne, kein anderes kann sie hervorrufen. Jede Erregung der nervösen Gehörsinns-substanz, der Nervus acusticus mit seinen Ganglienzellen und den Endapparaten im Labyrinth, den Hörhaaren und Corti'schen Stäbchen, sowie eine bestimmte Stelle des Gehirnes, gehört, von welcher der Gehörnerve entspringt, erweckt Empfindungen aus dem spezifischen Empfindungskreise des Gehörsinnes, Schallempfindungen.

Die normalen äusseren Erregungsmittel des Gehörorganes, die Schallschwingungen werden zum Zwecke der Erzeugung von Gehörsempfindungen zunächst in verschiedene, bestimmte Bewegungen der Leitungsapparate, namentlich des Trommelfells, der Gehörknöchelchen, des Labyrinths gewandelt; durch die Wellen des Labyrinthwassers können mechanisch im Labyrinth verschlossenen akustischen Endapparate der Gehörnerven in Mitschwingung versetzt, und dadurch direkt die zu den Endapparaten in Beziehung stehenden Akustikusfasern und die ihnen entsprechenden Partien des centralen Gehirns im Gehirn erregt werden. Den tausendfachen Tonempfindungen scheint eine gleiche Anzahl spezifischer Endorgane im Labyrinth zu entsprechen. Die von Max Schultze aufgegebene Theorie der ganzen Thierwelt verbreiteten elastischen Hörhaare sind, wie Experimentell gezeigt hat, ausserordentlich geeignet, um durch Wellenbewegungen, welche ihren eigenen Schwingungsperioden entsprechen, zu Mitschwingung veranlasst zu werden. Im Labyrinth des Menschen und der Saugthiere deckte Corti das wundervolle musikalische Instrument von 3000 verspannten musikalischen Saiten, welche einzeln ihrer verschiedenen Schwingungsperioden entsprechend durch verschiedene Wellenbewegungen des Labyrinths in Mitschwingung versetzt werden und diese Bewegung als Reiz auf die

stien Nervenfasern übertragen können (HELMHOLTZ). Jede musikalische Bewegung versetzt diejenigen der verschiedenen gestimmten mikroskopischen die ihrer eigenen Tonhöhe entsprechen, in gleichstimmige Schwingungen, der mit einer solchen Saite verknüpfte Theil der nervösen Gehörsinnsuntermer nur durch eine spezifische Gehörsempfindung erregt wird.

Hauptverschiedenheit, welche unser Ohr zwischen den verschiedenen Empfindungen entdeckt, ist der Unterschied zwischen Geräuschen und musikalischen Klängen. Die Empfindung eines Klanges wird durch eine periodische Bewegung eines tönenden Körpers hervorgerufen, die Empfindung eines Geräusches durch nicht periodische Bewegungen. Heulen und Zischen des Windes, das Plätschern des Wassers, das Rauschen und Rasseln des Wagens sind Beispiele für die nicht periodischen Bewegungen der Geräusche, die Klänge der musikalischen Instrumente sind dagegen periodische Bewegungen. In mannichfach wechselndem Verhältniss können Klänge und Geräusche sich mischen und in einander übergehen. Nach HELMHOLTZ scheiden verschiedene Endapparate der Wahrnehmung von Klängen und Geräuschen dienen.

Die verschiedenen periodischen Wellenbewegungen der Klänge der akustischen Instrumente und des menschlichen Kehlkopfes (S. 603) können mathematisch als eine Summe einzelner einfacher Töne, d. h. pendelartiger Tonschwingungen, aufgefasst werden. Auch unser Ohr zerlegt die Klänge in ihre Theile (Grundton und harmonische Obertöne). Die spezifisch vertheilte Klangfarbe der Klänge der musikalischen Instrumente beruht, wie HELMHOLTZ lehrte, dessen akustischen Untersuchungen wir uns im Folgenden anschliessen, auf konstanten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung aus Theiltönen und in der relativen und absoluten Stärke derselben. Wir scheiden noch weiter Tonhöhe und Stärke der Klänge. Die letztere misst man und nimmt ab mit der Breite (Amplitudo) der Schwingungen des tönenden Körpers. Mechanisch ist die Stärke der Schwingungen durch das Quadrat der grössten Geschwindigkeit zu messen, welche die schwingenden Theilchen erreichen. Physiologisch gilt diese Beziehung, wie wir unten sehen werden, nicht genau, da das Gehörorgan verschiedene und zwar wechselnde Empfindlichkeit für Töne verschiedener Höhe besitzt.

Die Tonhöhe hängt nur ab von der Schwingungsdauer oder, was physikalisch sagt, von der Schwingungszahl. Unter der letzteren verstehen wir die Anzahl der Schwingungen, welche der tönende Körper in der Sekunde vollbringt. Die Schwingungsdauer finden wir, wenn wir die Sekunde mit der Schwingungszahl dividiren *c. v. v.* Die Klänge und Töne sind um so höher, je grösser ihre Schwingungszahl oder je kleiner ihre Schwingungsdauer ist. Die physikalisch gut verwendbaren Töne mit deutlich wahrnehmbarer Tonhöhe liegen zwischen 40—4000 Schwingungen, sie umfassen also 7 Oktaven; die überhaupt wahrnehmbaren liegen zwischen 16—38000, also im Bereiche von etwa 11 Oktaven.

Im Allgemeinen setzen wir hier und in der Folge die Ergebnisse der physikalischen Akustik als bekannt voraus.

**Tonhöhe.** Nach der von der Naturforscherversammlung 1834 genehmigten Bestimmung CARLSEN'S, an die wir uns anschliessen, macht das eingestrichene *A* in der Sekunde 440 Schwingungen, nach der neuen Pariserstimme dagegen in deutscher Zahlweise nur



437,5; da die französischen Physiker den Hin- und Hergang eines Schwingens jeden einzeln eine Schwingung nennen, so rechnen sie für dieselbe Note Schwingungszahl 875. Auf grösseren Orgeln hat man als tiefsten Ton, nach Angabe von HELMHOLTZ,  $C_1$  mit 16,5 Schwingungen, der musikalische Charakter Töne unter  $E_1$  ist aber schon unvollkommen, sie stehen an der Grenze, an der Fähigkeit des Ohres aufhört, die Schwingungen zu einem Ton zu verbinden. Der tiefste Ton der Orchesterinstrumente mit 41,25 Schwingungen. Klaviere und kleineren Orgeln gehen bis  $C_2$  mit 33 Schwingungen, neueren Pianos und da noch  $A_2$  mit 27,5 Schwingungen. Die Pianofortes gehen in der Note  $a^5$  oder  $c^6$  mit 4224 Schwingungen, als höchsten Ton des Orchesters nimmt das 5gestrichene  $a$  auf der Piccoloflöte an mit 4752 Schwingungen. Indem die Stimmgabeln mit dem Violinbogen strich, erreichte er noch das 8 gestrichene  $a$  mit 4752 Schwingungen. Diese hohen Töne waren sehr schmerzhaft unangenehm, die Scheidung war auch an dieser oberen Grenze der Tonempfindung nur schwach (HELMHOLTZ).

**Klangfarbe.** Als dritten wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Klängen haben wir die Klangfarbe genannt, die zunächst von dem musikalischen Instrument bedingt erscheint, welches den Klang erzeugt. Dieselbe Note von den verschiedenen Instrumenten angegeben, zeigt bekanntlich trotz gleicher Stärke und gleicher Tonhöhe gewisse charakteristische, gleichbleibende Eigenschaften, wodurch wir die Klänge des Klaviers, der Violine, der Flöte, der Mensch von einander unterscheiden können. Von der Weite der Schwingung, welche der Tonhöhe entspricht, kann nicht bedingt sein, sie kann also nur noch abhängen von der verschiedenen Bewegung innerhalb jeder einzelnen Schwingungsperiode vor sich geht.

Zur Definition des Klanges gehört nur, dass seine Bewegung eine periodische ist, die Art, wie die Bewegung innerhalb der Perioden vor sich geht, kann unendlich verschieden sein. HELMHOLTZ wählt zur Veranschaulichung dieser Unterschiede zwei Beispiele. Setzen wir ein Pendel in Bewegung, so sehen wir dasselbe hin- und her links in gleichmässiger, nirgends stossweise unterbrochener Bewegung schwingen. In den beiden Enden seiner Bahn bewegt es sich langsam, in der Mitte schnell. In der gleichen Weise, nach demselben Gesetz, nur sehr viel rascher, bewegen sich die Zinntönen der Stimmgabel hin und her. Ein Hammer, der von einer Wasserpumpe gehoben wird, giebt ein anderes Beispiel periodischer Bewegung. Langsam wird er gehoben, dann fällt er, losgelassen, plötzlich herab, um von neuem zu steigen. Die Bewegung ist zwar eine periodische, aber ganz anders als die der Stimmgabel. Die Bewegung einer gestrichenen Violinsalte entspricht diesem Falle ziemlich genau. Sie haftet eine Zeit lang am Bogen fest, wird von diesem mitgenommen, bis sie wie der Hammer in der Mühle losreisst und nun wie dieser mit viel grösserer Geschwindigkeit, als mit der sie angezogen wird, ein Stück zurückspringt, um dann wieder den Bogen gefasst zu werden. Diese Verschiedenheiten der periodischen Bewegung sind es, welche man, wie aus der physikalischen Akustik erinnerlich ist, graphisch als Wellenlinien darstellt, indem man z. B. an eine Stimmgabel einen Stift befestigt, und diesen mit gleichbleibender Geschwindigkeit über eine berusste Glasplatte hinziehen lässt. Die Kurven, welche man so zeichnet, fallen bei den gewählten Beispielen, die man hätte häufen können, auch wenn die Perioden bei allen gleich sind, verschiedene aus. Diese Verschiedenheit bezeichnet man als Schwingungsform eines tönenden Körpers. Physiker lehrten bisher meist, dass von dieser Schwingungsform die Klangfarbe abhängt. HELMHOLTZ zeigte, in welcher Weise dieser Satz wirklich gültig ist.

Wenn wir die Wirkungen verschiedener Wellenformen, z. B. die der Violine, unser Gehörorgan aufmerksam beobachten, so hören wir bei gehörig gerichteter Aufmerksamkeit nicht nur den Ton, dessen Tonhöhe durch die Dauer der Schwingung

gesetzt ist, bestimmt wird, und den wir als Grundton bezeichnen, sondern eine Reihe höherer Töne, welche die harmonischen Obertöne des Klanges genannt werden. Der Grundton ist der tiefste und meist auch der stärkste unter all diesen Tönen, nach der Tonhöhe beurtheilen wir die Tonhöhe des ganzen Klanges. Die Reihe dieser Töne ist für alle musikalischen Klänge konstant, es tritt auf: 1) die höhere Oktave des Grundtons, welche die doppelte Anzahl von Schwingungen macht, also  $c'$ , wenn der Grundton  $c$  ist; 2) die Quinte dieser Oktave  $c'$  mit dreimal 3) die zweite höhere Oktave  $c''$  mit viermal 4) die grosse Terz dieser Oktave  $c''$  mit fünfmal 5) die Quinte dieser Oktave  $c''$  mit sechs- bis 8) mal so viel Schwingungen wie der Grundton. Daran reihen sich, immer schwächer werdend, die Töne, welche 7, 8, 9 mal u. s. w. so viele Schwingungen enthalten als der Grundton.

HELMHOLTZ bezeichnet wir die Gesamtempfindung, welche eine periodische Luftbewegung im Ohre hervorruft, wie oben angegeben, als Klang. In dem Klang sind also eine Reihe verschiedenartiger Töne enthalten, welche als Theile der Partialtöne des Klanges bezeichnet werden, der erste dieser Theiltöne ist der Grundton, die übrigen seine harmonischen Obertöne.

OHM hat den Satz zuerst behauptet, dass es eine einzige akustische Schwingungsform, die nur aus dem Grundton ohne alle harmonischen Obertöne besteht. Es ist die Sinusform, die wir bei dem Pendel und der Stimmgabel gefunden haben. HELMHOLTZ bezeichnet sie als pendelartige oder einfache Schwingungen und beschränkt die Bedeutung des Wortes Ton. Als Klang bezeichnet er den Eindruck einer periodischen, nicht pendelartigen Luftbewegung, deren Schwingung in gewissem Sinn als zusammengesetzte betrachtet werden kann. Das Ohr selbst nimmt, wie wir sahen, diese Reihe der Klänge vor. OHM hat gezeigt, dass jede Luftbewegung, welche als zusammengesetzter Klangmasse, einem Klang, entspricht, zu zerlegt werden kann in eine Summe einfacher pendelartiger Schwingungen; jeder einfachen Schwingung entspricht ein Ton, den das Ohr empfindet, dessen Tonhöhe durch die Schwingungsdauer der entsprechenden Luftbewegung bestimmt ist.

Die Form der einfachen, pendelartigen Schwingungen ist immer die gleiche, nur ihre Amplitude und die Dauer ihrer Periode kann wechseln. Durch Kombination zweier einfacher pendelartiger Schwingungen kann schon die Form der Schwingung sehr mannichfacher werden, noch mehr bis ins Unendliche, wenn wir eine ganze Anzahl von einfachen Schwingungen zu einer einzigen periodischen Bewegung zusammensetzen.

Auf gleicher Weise solche Zusammensetzungen einfacher Wellenzüge zu complicirteren machen, können wir uns leicht an den Wellen auf der Oberfläche eines Wasserspiegels anschaulichen. Werfen wir einen Stein in das Wasser, so breitet sich bekanntlich von dem Bewegungszentrum die Erschütterung in Form von Wellenringen über die Fläche hin aus, immer ferneren und ferneren Punkten. Haben wir gleichzeitig zwei (oder mehrere) Steinwürfe in verschiedenen Stellen der Wasserfläche hineingeworfen (oder in anderer Weise Wellen erzeugt), so gehen von den verschiedenen Mittelpunkten der Erschütterung Wellen aus, die sich vergrössern und einander begegnen. Die Stellen, wo sich die Ringe begegnen, werden nun durch beide Erschütterungen gleichzeitig in Bewegung gesetzt, sie pflanzen sich aber die einzelnen Wellenzüge gerade ebenso weiter fort, als wenn sie ihnen ganz allein auf der Wasserfläche vorhanden wäre. Von einem erhöhten Standpunkte aus können wir die verschiedenen Wellenzüge, welche gleichzeitig auf der Wasserfläche vorhanden sind, mit Leichtigkeit mit den Augen verfolgen und analysiren. Ein ähnliches Schauspiel muss man sich vorgehend denken in einem Luftraum, in dem eine Anzahl von Schallwellen, deren Länge bei den brauchbaren Tönen von 1 bis 6 Zoll schwankt, gleichzeitig sich fortpflanzt, etwa im Inneren eines Tanzsaales (etc.). Die Musikinstrumente, sprechende Menschen, rauschende Kleider, gleitende klirrende Gläser etc. erregen hier Wellenzüge, welche durch den Luftraum des



Saales hinschiessen, an seinen Wänden zurückgeworfen werden, umkehren, eine andere Wand treffen, nochmals reflektirt werden und so fort, bis sie dem Munde der Männer und den tieferen Musikinstrumenten gehen lange Fuss lange Wellen aus, von den Lippen der Frauen kürzere, 3—4 Fuss lang, der Kleider bringt ein kleines Wellengekräusel hervor, kurz man kann sich an der verschiedenartigsten Bewegungen nicht verwickelt genug vorstellen selbst klar, dass an jeder einzelnen Stelle des Luftraums in jedem Augenblicke nur eine bestimmte Bewegung mit einer bestimmten Geschwindigkeit in einer bestimmten Richtung ausführen können. Bei den Wellen, die sich der Oberfläche begegnen, können wir direkt uns anschaulich machen, was in der That geschieht. Werfen wir einen Stein in eine Wasserfläche, über welche Wellen hinziehen, so werden die Wellenringe in die bewegte, zum Theil gesenkte Wasserfläche genau ebenso hineingeschnitten, als wäre sie ruhig. Die Berge der Ringe ragen über die schon anderweitig bewegte Fläche viel hervor, die Thäler sind um ebenso viel tiefer. Wo ein Berg des grossen mit einem Berge des Wellenringes zusammenfällt, ist die Erhebung der Wellen der Summe beider Berghöhen, fällt ein Thal des Wellenringes in ein Thal der grossen Wellen, so ist die gesammte Einsenkung der Wasserfläche gleich der Summe der Einsenkungen der beiden Wellenberge ein Thal des Wellenringes wird die Höhe dieses Berges verringert um die Tiefe des Thales. »Die Erhebung der Wasserfläche in jedem ihrer Punkte ist in jedem Zeitmoment so gross, wie die Summe der Erhebungen, welche die einzelnen Wellensysteme, einzeln genommen, in diesem Punkte und zu derselben Zeit hervorgebracht haben würden.« Ganz in der That findet eine Superposition der verschiedenen Wellensysteme in der Luft statt, die Ausbreitung der Wellen nach allen Richtungen des Raumes möglich ist, selbst in Dichtigkeitsschwankungen der Luft bestehen. Wir haben jedoch nur diejenigen ausserer Gehörgänge mit den Schallwellen verglichen, verhältnissmässig nur Bewegungen der Luft, die der Axe des Gehörganges parallel sind, zu vergleichen, also nur Verschiebungen der Lufttheilchen in der Richtung von der Mundöffnung gegen das Trommelfell. Wenn also mehrere tönende Körper in dem uns umgebenden Raume gleichzeitig Schallwellensysteme erregen, so sind sowohl die Veränderungen der Luft, als die Verschiebungen und die Geschwindigkeiten der Lufttheilchen des Gehörganges gleich der Summe derjenigen entsprechenden Veränderungen und Geschwindigkeiten, welche die einzelnen Schallwellenzüge, einzeln hervorgebracht haben würden. Wir können also insofern behaupten, dass die einzelnen Schwingungen, welche die einzelnen Schallwellen hervorgebracht haben würden, ungestört neben einander existiren, zeitlich in unserem Gehörgange bestehen.

Nach dem oben erwähnten Ohm'schen akustischen Gesetze besitzt nun unser Gehörstern die Fähigkeit, die verschiedenen sich mischenden Wellenränge voneinander trennen.

Dieses Ohm'sche Gesetz wird durch das mathematisch erwiesene Gesetz bestätigt: Jede beliebige regelmässige periodische Schwingungsform kann als Summe von einfachen Schwingungen zusammengesetzt werden, deren Schwingungsdauern drei, vier u. s. w. Mal so gross sind, als die Schwingungsdauer der gegebenen Schwingung und zwar kann eine gegebene regelmässige periodische Bewegung nur in einer Weise als Summe einer gewissen Anzahl einfacher Schwingungen dargestellt werden, entspricht, wie wir sahen, einer regelmässigen periodischen Bewegung ein einfacher Schwingung ein Ton, wir können also das mathematische Gesetz auch (HELMHOLTZ): »Jede Schwingungsbewegung der Luft im Gehörgange entspricht einem musikalischen Klange entspricht, kann immer und nur in einer einzigen Weise dargestellt werden als die Summe von einfachen Schwingungen.«

der schwingender Bewegungen, welche Theiltönen dieses Klanges zugehören.

Er hat dieselbe Fähigkeit, wie die mathematische Analyse das Wellengemisch des Klanges in seine einfachen Bestandtheile, die Partialtöne zu zerlegen.

In einer Klangmasse enthaltenen Partialtönen kommen auch sonst besondere mechanische Wirkungen in der Aussenwelt zu, die sich vor allem in dem Phänomene des Mitschwingens äussern. Die Fähigkeit des Mitschwingens findet sich vorzugsweise bei Körpern, welche einmal durch irgend einen Anstoss in Schwingungen versetzt, ehe sie zu Ruhe kommen, eine längere Reihe von Schwingungen ausführen. Werden sie von schwachen, aber regelmässig periodischen Stössen getroffen, von denen jeder einzelne zu schwach ist, um eine merkliche Bewegung des schwingenden Körpers zu veranlassen, so addirt sich doch die grosse Anzahl der Anstösse zu sehr ausgiebigen Schwingungen des Körpers summiren, wenn die Periode jener schwachen Anstösse genau gleich ist der Periode der eigenen Schwingungen des angestossenen Körpers. Weicht die Periode der regelmässig wiederholenden Stösse ab von seiner Periode der Schwingungen, so entsteht eine schwache oder ganz unmerkliche Bewegung. Gewöhnlich gehen solche periodische Mitschwingungen von einem andern in regelmässigen Schwingungen begriffenen Körper aus, in die sie durch die periodischen Schwingungen des einen Körpers periodische Schwingungen hervorrufen. Hieran hervor, auf welchen Vorgang die Bezeichnung Mitschwingen oder Mitschwingen sich zunächst bezieht. Wenn z. B. zwei Saiten zweier Violinen genau gleichschwingend sind, und man die eine anstreicht, so gerath auch die gleichstimmige Saite der andern in Schwingungen. Dasselbe ist von den Saiten eines Klaviers, deren Dampfnieder gedrückt hat, bekannt; singt man einen Ton kräftig in das Innere des Klaviers, giebt ihn mit einem musikalischen Instrumente an, so klingt die gleichstimmige Saite und nach dem Aufhören des Tones noch nach. Körper von geringer Masse, welche leicht in Schwingungen auf die Luft leicht abgeben und schnell ausklingen, wie gespannte Membranen, oder die Violine sind leicht in Mitschwingungen zu versetzen. Im allgemeinen sind die Mitschwingungen, in welche die meisten elastischen Körper durch irgend einen schwachen periodischen Anstoss versetzt werden, pendelartig.

Man kann nun durch das Phänomen des Mitschwingens die zusammengesetzten Klangphysikalisch analysiren. Die einzelnen pendelartigen Schwingungen, welche sie enthalten, vermögen gleichgestimmte Saiten oder Membranen in Mitschwingung zu versetzen. Bestreut man z. B. solche verschieden abgestimmte Membranen mit Sand, so zeigen die Figuren des Sandes auf den mit den Partialtönen des Klanges gleichgestimmten Stellen das Vorhandensein dieser Partialtöne in der gesammten akustischen Wellenbewegung des Klanges objektiv an. Ein noch weit feineres Mittel zur Analyse der Klänge bilden sogenannte Resonatoren (HELMHOLTZ), verschieden grosse oder lange gläserne hohle Kugeln oder Röhren, mit zwei Oeffnungen, für einen bestimmten Ton bestimmt, welche mit der einen Oeffnung in den Gehörgang eingepasst werden. Die Luft bildet in Verbindung mit dem Gehörgang und dem Trommelfell ein elastisches System, befähigt zu eigenthümlichen Schwingungen, unter denen besonders der Grundton des Mitschwingens stark hervorgerufen werden kann. Findet sich dieser Grundton des Resonators in einem Tongemisch, so braust er, wenn das andere Ohr verstopft ist, wobei man im Allgemeinen nur gedämpft hört, mit grosser Stärke in das Ohr. Vorzüglich auf diese Weise hat HELMHOLTZ mit Hilfe sehr verschiedener Resonatoren die Klänge der verschiedenen Instrumente auf ihre Theiltöne untersucht.

Die Klänge auf verschiedenen Instrumenten angegeben unterscheiden sich, wie wir gesehen haben, wesentlich von einander durch ihre Klangfarbe. Auf dem angegebenen analytischen Wege kam HELMHOLTZ zu der Erklärung dieser Erscheinung. Die Klänge des Klaviers, der menschlichen Stimme, der Blechinstrumente etc. unterscheiden sich von einander durch die den Klang komponirenden Theiltöne und ihre relative Stärke. Nicht



immer ist der Grundton der stärkste; manche Obertöne fehlen oft ganz oder durch auffallende Stärke oder Schwäche vor den übrigen aus. Je reicher ein Ton ist, desto brauchbarer ist er in musikalischer Beziehung, doch darf kein Ton nicht an Stärke überwiegen, der Klang erhält sonst den Charakter, wird klimmernd, wenn die Obertöne sehr hoch sind. (Das Nähere bei Helmholtz den Tonempfindungen. Die Menschenstimme hat schon Kapitel XVI. über die vorliegenden Beziehung gefunden.)

Man hätte annehmen können, dass nicht nur die Obertöne, sondern auch die Differenzen die Klangfarbe erzeugen könnten. Das Experiment weist das zurück. So müssen wir also annehmen, dass unser Ohr im Stande ist, die Theiltöne zu zerlegen und auf diese Weise — wie durch die Anwendung des Centralorgan des Gehörsinnes vereinigt wieder die getrennten Empfindungen zu gewissen Graden, zu einer Mischempfindung. Wir haben hier also analoge Verhältnisse bei dem Farbensehen mit dem Auge. Auch dort mussten wir annehmen, dass die Mischfarben, welche den Klängen entsprechen, in die Grundfarben zerlegt werden können. Auch dort wurde uns der Akt der Mischungsempfindung erst in dem Experimente scheinlich.

HELMHOLTZ entwickelte hieraus seine schon erwähnte Hypothese, die weiter ausgeführt werden soll, und die im Allgemeinen auf dem Satze basiert, dass die Gehörgänge die periodischen Schwingungen der Klänge in ihre einfachen Schwingungen (Töne) nach dem Gesetz des Mitschwingens durch gleichschwingende Theile im Ohre selbst zerlegt werden.

Von den bisher besprochenen Klängen, die als einfache Summen zusammenzufassen sind, müssen die Kombinationstöne unterschieden werden. Unter Umständen — wenn die durch zwei gleichzeitig vorhandene Töne gesetzten Veränderungen der Luft nicht sehr klein sind — in der Luft selbst schon zusammenwagungen zu Stande, die als neue Töne wahrgenommen werden. Es sind dies die Schwingungszahlen der sich vereinigenden Töne, sodass der Kombinationston der gleichen Zeit soviel Schwingungen besitzt, als die Summe oder Differenz der Schwingungszahlen der Grundtöne beträgt. Nicht nur die Grundtöne, sondern auch die Obertöne können zu solchen Kombinationstönen verschmelzen.

Zeichnen wir uns einen Ton als eine regelmässige Wellenlinie auf, so lässt sich das anschaulich machen, (wenn wir eine vollkommen gleiche Wellenlinie so zeichnen, dass die zweite gerade um eine halbe Wellenlänge später beginnt, wodurch beide Wellen vernichtet werden), wie bei Tönen, welche in der Ruhe stehen, Ruhe eintreten kann, wenn sie gerade um eine halbe Wellenlänge verschieden sind. Bei Tönen, welche in der Höhe etwas verschieden sind, deren Wellen nicht decken, entsteht unter den angegebenen Umständen nicht Ruhe, sondern Schwankungen der Tonstärke, sogenannte Schwebungen. Nur wenn die Differenzen selten erfolgen, lassen sie sich noch als einzelne »Schläge« empfinden, wenn sie so rasch folgen, dass sich die Einzeleindrücke verwischen, wird der Eindruck hart und rau und macht auf das Gehör den unangenehmen, stossenden Eindruck. Die Ursache, die HELMHOLTZ mit der Empfindung des Flackerns eines Lichtes vergleicht, ist der unangenehme Eindruck der Dissonanz, wenn sich in 3 Sekunden 33mal wiederholen, erfolgen sie öfter, so nimmt, ohne dass die Empfindung geändert wird, die Unannehmlichkeit derselben ab. Als Ursache der Dissonanz können natürlich Veranlassung zu Schwebungen und Dissonanz geben. Es tritt aber unter allen Umständen der Eindruck der Dissonanz ein, wenn das Intervall der beiden schwebenden Töne nicht zu gross ist.

Fasern resp. Akustikuszfasern erregt werden wurden, deren gemeinschaftlicher Zustand sich nicht stört (HELMHOLTZ).

Die Konsonanz oder Dissonanz der Obertöne unterscheiden sich die Intervalle der Tonleiter wesentlich von einander. Bei der Oktave z. B. fallen alle Obertöne auf dieselben Stellen zusammen, so dass keine Schwebungen entstehen können, die sich aber wegen der geringsten Unreinheit der Instrumentalstimmung sogleich ergeben. Andere Intervalle entstehen auch bei vollkommen reiner Stimmung aus dem entgegengesetzten Grunde, so z. B. die grosse Septime und die kleine Sekunde, bei denen die Obertöne nur halbton aus einander stehen. Man kann darnach die Intervalle in 5 Abtheilungen

1. Absolute Konsonanzen — alle Obertöne fallen zusammen —: Oktave, Doppeloktave.

2. Fast-konsonante Konsonanzen — die nicht zusammenfallenden Obertöne kommen nicht so nahe zu liegen, dass sie bedeutende Rauigkeiten geben könnten —: Terz, Sexte.

3. Mehr-konsonante Konsonanzen — in tieferen Lagen merklich rau —: grosse Septime, kleine Terz.

4. Vollkommene Konsonanzen: kleine Septime, kleine Terz.

5. Dissonanzen, die selbstverständlich wieder eine Eintheilung nach verschiedenen Stufen der Rauigkeiten erlauben. —

Ein Akkord entsteht dadurch, dass drei Töne zusammen kommen. Er kann nur dann konstant sein, wenn seine Intervalle konsonant sind. Bei den Mollakkorden geben die Kombinationstöne theils dem Akkorde fremde Töne, theils kommen sie und den primären so nahe, dass Dissonanzen entstehen, die nur wegen der Nähe der Kombinationstöne den Akkord selbst nicht merklich stören, ihn aber doch klar erscheinen lassen, worauf es beruht, dass die Mollakkorde so geeignet sind, trübere Gemüthsstimmungen zum musikalischen Ausdruck zu bringen. Die Melodie, die Abfolge der Töne in der Zeit, setzt ausser dem Takte noch eine feste Tonleiter voraus, welche auf der Verwandtschaft der Klänge unter einander beruht. Bei den Molltönen ist die Verwandtschaft vollkommen, die Partialtöne sind gleich, es kommen keine neuen hinzu; so kommt es, dass man die ganze Tonmasse zuerst in eine Reihe von Oktaven

Bei den anderen Klängen kommt stufenweise Neues hinzu, was die Verwandtschaft mehr oder weniger verdeckt (HELMHOLTZ).

Die Anbildung des Gehörorganes, welche eine Auffassung der Reizverschiedenheiten in einander liegenden Akustikuszorganen, den Corti'schen Fasern oder Hörhaaren voraussetzt, ist wie beim Auge und dem Tastorgane eine fortgesetzten Erziehung. Bei dem Neugeborenen ist das Gehörvermögen noch nicht entwickelt, das stärkste Geräusch scheint keinen besonderen Eindruck auf das junge Kind zu machen. Nach einiger Zeit scheint es die hohen Töne zu vernehmen, es wählen die Wärterinnen solche, um seine Aufmerksamkeit zu erregen. Es spricht sich eine geringe Empfindlichkeit des Hörnerven noch bei dem grösseren Kinde, es sind die höchsten und stärksten Töne, die es vor allem liebt, starke, Erwachsenen unangenehme Töne machen ihm angenehme Eindrücke. Im Alter stumpft sich die Sensibilität des Gehörnerven mit den übrigen Nervenfunktionen wieder mehr oder weniger ab, sodass Greise mehr oder weniger schwerhörig sind.

## Die Kopfknochen, das äussere Ohr und der äussere Gehörgang.

**Kopfknochen.** Der tief eingeschlossen in dem Innern der Schädelknochen verlaufende Gehörnerve kann nur dadurch von den Schallwellen erreicht werden, dass er auf Theile des Körpers übergehen, und in diesen bis zu den akusti-



schen Endorganen sich fortpflanzen. Den Hauptweg der Schalleitung spezifischer Apparate des Gehörorgans selbst; aber die Schallwellen der ganzen Körperoberfläche auf elastische Theile, welche in höherem Grade die Schallbewegung zu leiten vermögen. Von den Theilen des Körpers können keine Schallwellen bis zu dem Akustikus dagegen erscheinen die Kopfknochen zur unmittelbaren Uebertragung der Schallwellen vor allem fester oder tropfbarflüssiger Körper zum Gebrauche geeignet. Bei den unter Wasser lebenden Wirbelthieren werden die Knochen, welche sich im Wasser fortpflanzen, normal zum grossen Theile auf den Schädelknochen und durch diese auf den Akustikus übertragen. Bei den übrigen in der Luft lebenden Wirbelthieren ist die Knochenleitung eine untergeordnete, mehr zufällige, und zweifelhaft. Schallwellen der Luft nur in geringer Intensität auf diesem Wege getrieben. Immerhin verbindet sich diese Leitung stets mit der Leitung auf dem gewöhnlichen Wege und kann diese in besonderen, z. B. krankhaften Fällen bis zu einem gewissen Grade ersetzen.

**Das äussere Ohr** hat bei vielen Thieren eine im Allgemeinen bestimmte Gestalt und kann durch Muskeln in die Schallrichtung eingestellt werden. Seine Hauptwirkung als Hörrohr unzweifelhaft. Auch das menschliche Ohr scheint bis zu einem gewissen Grade diese Aufgabe zu erfüllen, während bei ihm die Trichterform weniger ausgesprochen und seine Bewegungen ganz verloren gegangen. Die von der Anatomie beschriebenen Bewegungen des äusseren Ohres im Ganzen, für das Vor- und Rückwärts-, Heben der Ohrmuschel sowie die zwischen Abschnitten des Ohres wirkenden Muskeln können wegen mangelnder Uebung nur von Wenigen in Thätigkeit versetzt werden. Die mannichfachen leistenartigen Vorsprünge der muschelförmigen Ohrfläche sollten nach älteren Papern (HARVEY) alle die Ohrmuschel treffenden Schallwellen in solcher Richtung bündeln, dass sie in den äusseren Gehörgang eingeworfen würden. HARVEY'S Versuche haben diese Meinung im Allgemeinen widerlegt. Die Reflexion ist vorzüglich nur die Concha thätig, sie wirft die Schallwellen gegen den Tragus, von wo sie in den Gehörgang gelangen, die Uebungen des Ohres scheinen die Reflexion wenig oder nicht zu unterstützen. Das äussere Ohr ist aber nicht nur Reflektor, sondern als eine freistehende Platte auch ein Leiter der Schallwellen. Es nimmt die Schallwellen auf und leitet sie zu seiner Ansatzstelle und von da zum Tragus und den Kopfknochen. Von diesem Gesichtspunkte aus lässt sich die wunderliche Bildung des äusseren Ohres mit ihren Unebenheiten und Vertiefungen einigermaassen einsehen. Diejenigen Theile der Ohrfläche, auf welche die Richtung der Schallwellen senkrecht ist, werden am stärksten aufnehmen; die Unebenheiten des Ohres sind aber so mannichfach, dass beliebig gerichtete Schallwellen auf die Tangente einer dieser Erhöhungen treffen können (J. MÖLLER). Auch bei dem Ohre der Thiere kann die Leitung der Schallwellen durch das äussere Ohr in Betracht kommen.

Der äussere Gehörgang, der nach dem mittleren Ohre durch das Trommelfell abgeschlossen ist, beginnt mit einer etwas trichterförmigen Erweiterung, welche den Luftwellen in grösserer Ausdehnung den Eintritt

Endung gelangenden Schallwellen der äusseren Luft gehen auf die in eine Luftsäule über und kommen wohl niemals direkt, sondern stets in- oder mehrmaliger Reflexion an den Wänden des Gehörganges zum Vorschein. Die Wände des Ganges dienen daneben auch zur direkten Schallleitung ausseren Ohrknorpel und den Kopfknochen aus.

Die äussere Oberfläche des Gehörganges, welche mit einer Fortsetzung der äusseren Haut bedeckt ist, wird von den Sekreten der hier mündenden Ohrenschmalz- und Talgdrüsen besonders aus Fett bestehenden Schichte, dem sogenannten Ohrenschmalz,

Bei mangelnder Absonderung desselben soll Schwerhörigkeit und Brausen im Ohr bemerkt worden sein, doch ist seine Bedeutung für das Gehörorgan noch nicht näher untersucht. Das Ohrenschmalz enthält ein Albuminat, Olein und Margarin, einen löslichen bitteren Stoff und anorganische Salze. Das Mikroskop zeigt Talgzellen, Epithelzellen, freies Fett und Cholesterinkrystalle.

Der äussere Gehörgang ist beim Erwachsenen im Ganzen etwa 3—3,25 Cm. lang, dessen Dritttheil hat eine knorpelige Grundlage. Er stellt eine leicht spiralförmig gewundene Röhre dar, mit der Richtung nach innen und etwas nach vorne. Er steigt dabei anfangs leicht aufwärts, biegt sich dann ziemlich plötzlich und beinahe senkrecht nach abwärts und zuletzt wieder etwas an. Zur Untersuchung des Gehörganges muss man die Ohrmuschel mit dem knorpeligen Theile des äusseren Gehörganges etwas nach aufwärts ziehen.

Die Weite des Ganges ist am geringsten etwa in der Mitte. Der Durchmesser der äusseren Öffnung ist in vertikaler Richtung am grössten, 8—9 Mm., die horizontale Ausdehnung des Trommelfells am bedeutendsten, wo sie 6—8 Mm. beträgt. Der knöcherne Gehörgang hat eine ovale Richtung, der grosse Durchmesser des Ovals steht in dem äusseren Ende senkrecht, in dem inneren dagegen schräg. Da das Trommelfell den äusseren Gehörgang schräg abschliesst, so wird letzterer in seinem inneren Ende von der Paukenhöhle abgetrennt. Sein inneres Ende zeigt zur Befestigung des Trommelfells eine Furche, welche seinen hinteren, unteren und vorderen Umfang umgiebt: Trommelfellfalte, Sulcus, nach oben zeigt dieser eine Unterbrechung von 2,5—3 Mm. Länge, den sogenannten Ausschnitt. Direkt an dem Trommelfellfalte zeigt sich das innere Ende des Hammerfortsatzes, in welcher der lange Fortsatz des Hammers befestigt ist, an welcher das Ligamentum mallei anterior liegt. Die Ebene des Trommelfells bildet mit der Ebene des Kopfes einen nach oben und hinten offenen Winkel, mit dem äusseren Gehörgang bildet es einen Winkel von etwa 55°, die Trommelfelle beider Seiten bilden mit einander einen nach oben offenen stumpfen Winkel von 130—135°.

### Zum Bau des mittleren Ohres.

Die Paukenhöhle, deren Anatomie wir, wie die des ganzen Gehörorgans, im Voraus als bekannt voraussetzen, und die in ihr eingeschlossenen Theile untersuchen zu, um die Schwingungen der Luft hinreichend kräftig auf das Wasser des Labyrinths zu übertragen. Die Paukenhöhle ist von dem inneren Ende des äusseren Gehörganges, durch das Trommelfell abgegrenzt, eine dünne, in einem knöchernen Gehörgange (cf. oben) ziemlich schlaff (Helmholtz) ausgespannte Membran. Nach der Paukenhöhle von dem Labyrinth durch knöcherne Wände getrennt, findet sich zwei durch direkt an das Labyrinthwasser angrenzende Membranhautlose Oeffnungen, Fenster, finden. In dem oberen, dem ovalen Fenster ist die Fussplatte des Steigbügels befestigt, sodass derselbe durch die Gehörknöchelchen mit dem Trommelfelle in Verbindung steht, das



untere, runde Fenster ist nur durch eine Membran *Membrana secundaria* geschlossen. Mit dem oberen Theile der Schlundhöhle verbindet die Paukenhöhle durch die mit einer flimmernden Schleimhaut ausgekleidete **Trompete** in Verbindung, deren dem Schlunde zugekehrte Oeffnung nach oben hin erweitert ist, in der Mitte ist sie zu einer Spalte verengt, gegen die Paukenhöhle zugewendeter Theil besitzt eine knöcherne, im unteren Abschnitte eine knorpelige Grundlage. Der Tubarknorpel stellt in diesem Abschnitte eine winkelig zusammengebogene Platte dar, die auf Querabschnitten Knorpelhaken erscheint (Fig. 230). Der willkürliche *Musculus*

Fig. 230.



Querschnitt der Ohrtrompete mit ihrer Umgebung. 1 Mediale Knorpelplatte. 2 Laterale Knorpelplatte. 3 *Musculus dilator tubae*. 4 *Musculus levator veli palatini*. 5 Fibrocartilago basilaris. 6 u. 7 Antrum. 8 Antrum der lateralen Wand. 9 Sicherheitsröhre. 10 Hilfspalte. 11 Falten der Schleimhaut. 12 Laterales Gewebe.

*tubae* (v. TROELTSCH) vom *Musculus tensor palati molli* hat in der Mitte der Ohrtrompete seinen Ansatz an dem stumpfen Ende der lateralen Knorpelplatte, indem seine platte Sehne mit dem Perichondrium des Hakenendes zusammenhängt. Bei der Zusammenziehung des Muskels wird der Haken gegen den Hakenknorpel hingezogen und die Tubarspalte, deren Schleimhautflächen in diesem obersten Abschnitt direkt an einander liegen, dadurch erweitert.

Der *Musculus dilator tubae* geht nach oben direkt in den *Musculus tensor palati* über (v. TROELTSCH, L. MAYER, REDINGER). Während der Erschlaffung drücken die gegen einander federnden Knorpelplatten in dem Mittelstücke der Trompete die Schleimhautflächen an einander an und verschliessen dadurch hier den Tubus. Der obere Abschnitt ist dagegen nicht vollkommen verschlussfähig. In der oben gegebene Abbildung, Fig. 230, nennt den sich in dem oberen Abschnitt befindenden, halbcyllindrischen Raum unter dem Knorpelhaken: Sicherheitsröhre. Hier schliesst sich an sie die nur durch die Muskelwirkung zu öffnende Hilfspalte.

uba dient zur Abführung des Sekrets der Schleimhaut der Pauken- ihres eigenen. Ihre wichtigste Aufgabe scheint die zu sein, durch pelig-muskulösen Mechanismus die Paukenhöhle zu ventiliren, ung der Luft der Paukenhöhle mit der äusseren Luft zu unterhalten. bei Verschluss von Mund und Nase die Luft im Munde zusammen- durch Saugen verdünnt, so tritt bei Schluckbewegungen mit lichen Gefühl von Spannung im Trommelfell und einem Knacken im n die Paukenhöhle entweder ein oder aus ihr heraus (VALSALVA's Ver- allen Schluckbewegungen, bei denen der Tensor palati mollis in Thä- imt, öffnet sich die Tuba, wodurch etwaige Druckunter- zwischen der Luft der Paukenhöhle und der äusseren geglichen werden. Ob die Tuba eine Rolle bei der Schallleitung welche, ist noch Gegenstand der Controverse; man brachte sie mit chen Hören der eigenen Stimme in Verbindung. Eine in den Mund ge- hört man jedoch schlecht. Ihr dauernder Verschluss bringt Schwer- ror, vielleicht oder wahrscheinlich durch Veränderung des Luftdrucks enhöhle und dadurch veranlasste stärkere Trommelfellspannung (cf.

ommelfell hat im allgemeinen eine elliptische Form, deren Regelmässig- ich vorn und oben gelegene sogenannte Rivini'sche Ausschnitt längere Axe des Ellipsoides geht von hinten und oben nach vorne und kürzere von vorn und oben nach hinten und unten. Der längere Durch- ist zwischen 9,5—10 Mm., der kürzere 8 Mm. (J. KESSEL). Die Mitte nelfells, der Nabel, ist durch den hier an der inneren Seite der efestigten Handgriff des Hammers, welcher durch die Befestigung des (cf. unten) einwärts gezogen wird, ziemlich stark nach innen gespannt, e Membran eine trichterförmige Wölbung bekommt, deren Spitze die Hammerhandgriffs darstellt. Die Wände dieses Trichters sind gegen ung konvex gewölbt, am geringsten ist diese konvexe Wölbung n dem Nabel aus nach oben und vorn verlaufenden Meridiane, in wel- tiel des Hammers an das Trommelfell sich anlegt. Der kurze Fortsatz is des Hammerstiels drängt das Trommelfell etwas nach aussen. Das l ist in dem Trommelfellfals mit einem verdickten Saum: Sehnen- gswulst, Annulus tendineus eingefügt. Im Uebrigen ist es nur etwa ok, lässt aber drei verschiedene Schichten unterscheiden. Seine mitt- Schichte: Membrana propria s. fibrosa tympani ist nach aussen von te der Cutis, nach innen von einer Schichte der Paukenhöhlenschleim- leidet.

annulus tendineus zeigt ausser feinen elastischen Fasern vorzugsweise radiär ver- ehnenfasern, welche zum grossen Theil aus den radiären Fasern des Trommelfells und von Fasern anderer Richtung dicht durchflochten sind. Nach vorne und hin- die Fasern des Ringwulstes in kontinuierlicher Verbindung auf den Fasern der des Periosts des Gehörgangs sowie mit denen des Periosts und der Schleimhaut nhöhle. Am Rivini'schen Ausschnitt fehlt der Ringwulst, hier verlaufen die Fasern kt in die Grundlage der Cutis und des Periosts des Gehörgangs, theils wenden sie unten zur Anlagerungsstelle des kurzen Hammerfortsatzes, dadurch wird ein dreier halbmondförmiger Raum, die Membrana flaccida, des Trommelfells gebildet; hier



**Die drei Gehörknöchelchen** bilden die bekannte gebogene Trommelfell und ovalem Fenster.

An dem Körper des Hammers befindet sich nach oben durch eine Kapselung abgegrenzt der rundliche Kopf, der nach hinten und innen auf einer kuppelförmig gestalteten Gelenkfläche mit dem Amboss trägt. Nahezu in der Mitte des Kopfes geht der Handgriff oder Hammerstiel ab, der mit einer von aussen nach innen abgeflachten Spitze im Trommelfell befestigt ist. Der zarte lange Fortsatz des Hammers ist in der Fissura Glaseri durch Bandmasse gehalten. Der kurze Fortsatz des Hammers nach aussen abgeht, legt sich mit seiner konischen Spitze auf den Amboss. Der Amboss ähnelt einem zweiwurzeligen Backenzahne, dessen Kopf auf dem Hammer trägt. Sein kurzer Schenkel wendet sich nahezu senkrecht nach unten und ist durch Bandmasse straff an die hintere Wand der Paukenhöhle befestigt. Der vordere Schenkel ragt allmählich schmaler werdend nahezu parallel dem vorderen Schenkel frei in die Paukenhöhle hinein, an seinem Ende biegt er sich nach unten und ist ziemlich bedeutend. An diesem Ende sitzt ein, bei Erwachsenen mit dem Ambossschenkel fest verwachsenes rundes Knöchelchen, Ossiculum mallei, welches mit dem Knopf des Steigbügels in einer Vertiefung überknorpelten Eindruck zeigt, artikuliert. Durch die beiden Schenkel des Steigbügels mit seiner Fussplatte verbunden, welche in dem Sulcus foraminis befestigt ist. Die Fussplatte hat, wie das ovale Fenster, eine Vertiefung, die liegt sich gegen den Vorhof etwas aus. Der vordere Schenkel ist etwas länger als der stärker gekrümmte hintere Schenkel des Steigbügels.

**Verbindung der Gehörknöchelchen.** Der Hammer ist an dem Fortsatz des Kopfes und dem Handgriff befestigt. Das spatelförmige Ligamentum mallei, welches aus Fasern besteht, die dem Perioste angehören, kreisförmig umzogen; es sind auch radiär und gekreuzt verlaufende Fasern dazu. Mit dem vorderen Ende des Hammergriffs ist die Sehnenhaut des Trommelfells verbunden, sodass eine geringe Verschiebung möglich ist. Durch die Verbindung wurde eine unvollkommene gelenkartige Verbindung gegen den Kopf

der Ambossgelenk ist im Ganzen ein Sattelgelenk. Sein Kapselband ist straff, wodurch die Drehung der Knochen gegen einander sehr beschränkt liegt im Ganzen nach HELMHOLTZ kaum 50°. Das Gelenk erlaubt diese Drehung durch den Kopf des Hammers gegen den kurzen Fortsatz des Amboss hindurch. Der Drehung für die Einwärtstreibung des Hammers setzt sich nach HELMHOLTZ von Sperrzähnen im Gelenke entgegen; dagegen kann der Hammerstiel abwärts gleiten werden, ohne den Amboss mitzunehmen. Nach RÜDINGER liegt ein dicker Faserknorpel, der an einer Seite mit der Kapsel verwachsen ist, zwischen den beiden Gelenkflächen.

Der Ambossschenkel ist durch das straffe hintere Ambossband mit der Paukenschnecke verbunden. Der Schenkel selbst und die Anlagestelle an der Paukenhöhle zeigt einen Knorpel überzogen (RÜDINGER), sonach haben wir hier auch eine Art von Gelenk. RÜDINGER ist die Verbindung des Steigbügels mit dem Amboss ein durch eine Kapsel in zwei Abtheilungen getrenntes Doppelgelenk mit fibröser Kapsel und wahrscheinlich, im Allgemeinen eine Arthrodie. Die in die Gelenke der Gehörknöchelchen eingelagerten Knorpelscheiben betrachtet RÜDINGER als elastische Polster mit Puffern.

Die Verbindung der Fussplatte des Steigbügels mit dem ovalen Fenster entspricht ebenfalls einem Gelenk, sie ist nach RÜDINGER ein Halbgelenk. Die überknorpelten, einander gegenüberliegenden Ränder werden durch elastische Faserzüge, das Ringband des Steigbügels, miteinander verbunden. Die Fasern laufen von den Knorpeln aus gegen einander; wenn sie sich treffen, entsteht durch netzartige Vereinigung der Gewebsbündel ein mit Luft gefülltes Lückensystem (RÜDINGER). Für die Steigbügelbasis bleibt, da die Kapsel des ovalen Fensters durch den Knorpelbeleg verkleinert wird, nur ein sehr geringer Spielraum der Beweglichkeit. Am hinteren Ende ist die Verbindung am festesten.

Die Gehörknöchelchen greifen bekanntlich zwei quergestreifte, willkürliche Muskelfasern des Trommelfellspanners, *M. tensor tympani*, für seinen dünnen, langen Muskelbauch entspringen (cf. oben) vom knorpeligen Theil der Ohrkapsel an den angrenzenden Keilbeinpartieen, der Muskelbauch dringt in den über dem ovalen Fenster gelegenen Canalis tensoris tympani ein, an dessen Wänden diese Fasern ihren Ursprung nehmen. Der Verlauf des Muskelbauchs in seinem Anfang ist horizontal von vorne und innen nach hinten und aussen bis an das vordere Ende des ovalen Fensters, hier biegt sich seine dünne Sehne ziemlich in rechtem Winkel am Rand des als Rolle dienenden Processus trochleariformis und setzt sich an den oberen Endes des Hammergriffs an. Zu dem Muskel gelangt aus dem Ganglion trigeminum ein Nervenzweig, der vom Trigeminus abstammt. Der Steigbügelspanner, *M. stapedius*, entspringt dicht an dem absteigenden Theile des Fallopischen Kanals, seine Sehne in die Trommelhöhle heraustritt, um sich an dem Knopf des Steigbügels, die Kapsel des Ambosssteigbügelgelenkes anzusetzen (RÜDINGER). RÜDINGER beschreibt den *M. fixator baseos stapedis* ein aus spindelförmigen Zellen bestehendes Bündel, welches von einem feinen Knochenvorsprung hinter dem eiförmigen Fenster entspringt und sich an der werdenden Basis im Winkel zwischen dem Steigbügelschenkel und dem Amboss an dem Theil der Fussplatte, sowie an ihrem oberen Rand befestigt. Man kann diesen Muskel als den willkürlichen *Musculus stapedius* auffassen, er fixirt die Basis an der Paukenhöhle, welche durch die einseitige Wirkung des *M. stapedius* gegen den Vorhof bedingt wird (RÜDINGER).

Zu den anatomischen Bildungen des mittleren Ohres gehören noch die Zellen des Vestibulums, welche unter sich communiciren und mit der Paukenhöhle durch das Vestibulardomeum zusammenhängen. Sie sind mit einer dünnen Fortsetzung der Schleimhaut ausgekleidet.

Die Schleimhaut der Paukenhöhle steht im Zusammenhang mit der Tuba. Sie



überkleidet nicht nur die Wände der Trommelhöhle, sondern auch die nach Theile, zu diesem Zwecke steigen zwei Falten vom Dache der Höhle herab, vordere die Sehne des Tensor tympani, die hintere den Steigbügel über den Hammer und Amboss geht die Schleimhaut der äusseren Wand über. Die Hautschichte bilden ziemlich hohe glimmernde Cylinderzellen, die Höhe der an der Trommelfellgrenze allmählich ab, und das Trommelfell selbst ist von Lage von Plattenepithel überkleidet. Nach v. TRÖLTSCHE und WESER findet sich Schleimhaut eine oder mehrere traubenförmige Schleimdrüsen.

### Schallleitung im mittleren Ohr.

Die Schallwellen der Luft werden im mittleren Ohre in Schwingungen des Trommelfells und in Bewegungen der Gehörknöchelchen umgesetzt auf das Labyrinthwasser übertragen. Nach ED. WEBER bilden Hammer zusammen einen festen Winkelhebel, dessen Drehungsaxe am Ansatz des Hammers zur Spitze des kurzen Ambossfortsatzes hindurch geht und mit ihnen der Steigbügel durch die Schwingungen des Trommelfells bewegt, und ebenso ist auch das Labyrinthwasser als eine zu bewegendende Flüssigkeitsmasse zu betrachten.

JOH. MÜLLER hatte mit SAVART angenommen, dass in den Hörschwingungsapparaten die Schallwellen als Verdünnungs- und Verdichtungs-Wellen schreiten. HELMHOLTZ weist im Anschluss an E. WEBER mathematisch diese Annahme wegen der Kleinheit der betreffenden Organe und der Wellenlänge beinahe aller Töne der Skala ist im Verhältniss zu den Dimensionen der Apparate des mittleren und inneren Ohres sehr gross. Die Membran der Gehörknöchelchen, das Labyrinthwasser sind daher in dieser Beziehung als Punkte zu betrachten, die Verschiebungen ihrer eigenen Theile im Sinne der Verdichtungs- und Verdünnungswelle ist vollkommen verschwindend klein. Die Amplitude der Schallschwingung. Sie können also nur schwingen, und die Schwingung des Trommelfells pflanzt sie momentan auf das Labyrinthwasser und durch dieses fort, alle die Töne sind immer in gleicher Phase der Schwingung begriffen. Das Gleiche gilt auch bei den tieferen und mittleren Tönen der Skala auch für die im Luftraum der Trommelhöhle enthaltene Luft.

Durch Bewegungen des Trommelfells wird die Kette der Gehörknöchelchen in Bewegung gesetzt. Der Hammer allein würde (HELMHOLTZ) sich um sein Axenband als Axe drehen, durch die Verbindung mit dem Amboss wird die Drehung etwas modificirt, es treten geringe Verschiebungen des Hammers ein, welche nach HELMHOLTZ die Bedeutung haben, dass das Trommelfell immer in einer gegen die Ansatzebene senkrechten Lage bewegt wird, er würde durch die Drehung des Hammers allein, da sein Axenband gegen die Ansatzebene schief gerichtet ist, etwas nach hinten gezogen werden.

Durch den Zug des M. tensor tympani werden alle Befestigungsstellen der Gehörknöchelchen straff gespannt. Bei seiner Kontraktion zieht er zunächst den Hammerstiel und mit ihm das Trommelfell nach innen, in dieselben Richtung zieht er auch das Axenband und strafft dasselbe an.

Hammerkopf vom Ambosspaukengelenk entfernt, dadurch auch die Haftschnur des Amboss gespannt, sowohl die gegen den Hammer als die an der Spitze des kurzen Fortsatzes, sodass diese etwas vom Knochen abgehoben wird. Der Muskel kommt dadurch in die Stellung, in welcher die Sperrzähne des Hammerpaukengelenkes am festesten in einander greifen. Endlich muss sein langer Fortsatz die Einwärtsdrehung des Hammerstiels mitmachen, dadurch auf den Hammerkopf drücken und dessen Fussplatte in das ovale Fenster gegen das Trommelfell einpressen (HELMHOLTZ). Nach den oben angegebenen Beobachtungen bewirkt der M. stapedius eine straffe Anziehung auch des Ambosspaukengelenkes. Durch die Spannung der beiden Muskeln werden also die Bewegungen der Knöchelchen so gefestigt, dass das System mit dem Trommelfell zusammen schwingen kann.

Beweglichkeit der Steigbügelfussplatte ist, wie direkte Beobachtungen von HELMHOLTZ und die oben gegebene Darstellung der Verbindung mit dem ovalen Fenster lehren, eine sehr geringe, die grössten Werthe, welche HELMHOLTZ fand, betragen zwischen  $\frac{1}{14}$  und  $\frac{1}{18}$  Mm. Bei dem Einwärtsziehen des Hammerstiels drückt der lange Ambossschenkel fest auf das Knöpfchen des Steigbügels. Beim Nachauswärtsziehen des Hammerstiels übt dagegen der Amboss keinen Zug auf den Steigbügel aus, da dabei die nach dieser Richtung möglichen Drehungen in dem Hammerambossgelenke eintreten. Diese Drehung hat den Erfolg, dass das Trommelfell mit dem Hammer beträchtlich nach aussen getrieben werden kann, ohne dass der Steigbügel aus dem ovalen Fenster ausgerissen würde. Gegen zu starke Einwärtsbewegungen des Trommelfells letzteres selbst ein sehr kräftiges Hemmungsband. Die Gelenke der Knöchelchen scheinen also ihren Hauptzweck darin zu besitzen, dass sie grössere Bewegungen des Trommelfells, wie sie normaler Weise vor sich gehen, ermöglichen machen, ohne dass dadurch die Verbindung des Steigbügels mit dem ovalen Fenster zerstört würde. Die Bewegungen des Steigbügels gehen nicht um seine Längsaxe, sondern auch um eine Queraxe der Fussplatte vor sich. Bei der Vorwärtstreibung des langen Ambossschenkels wird dessen Spitze und damit das Knöpfchen und der ganze Steigbügel etwas gehoben, was durch die Festigkeit seiner Befestigung am oberen und unteren Rand des ovalen Fensters gestattet wird (HENKE, LUCAS, POLITZER). Dadurch wird bei der Einwärtsdrehung des Steigbügels in das Fenster der obere Rand der Fussplatte etwas mehr nach unten vorwärtsgeschoben.

Da die Gelenke des Hammers und Ambosses in der oben dargestellten Weise durch die Muskelwirkung gefestigt sind, so kann man nach HELMHOLTZ das System der Knöchelchen als einen einarmigen Hebel betrachten, dessen Hypomochleon die Spitze des kurzen Fortsatzes des Amboss sich nach aussen hin an die Wand der Trommelhöhle anstemmt. Die Spitze des Hammerhandgriffs bildet den Angriffspunkt der Kraft dar, die Spitze des langen Ambossschenkels den Punkt, auf den die Last wirkt. Diese drei Punkte liegen in der That nahezu in einer geraden Linie. HELMHOLTZ bestimmte die ganze Länge dieses Hebels zu 6 Mm., den kürzeren Arm zwischen den beiden Spitzen des Amboss zu  $6\frac{1}{3}$  Mm., der Rest derselbe genau zwei Dritttheile des längeren beträgt. Daraus folgt, dass das System Hammerambossgelenk die Exkursionen der Spitze des langen Am-



gang aus in Bewegung gesetzt. Er fand, dass die *Axe* des *Haut Processus folianus* geht, die des *Amboss* durch die Spitze des *Incus* seien aber nicht fest, sondern beweglich. **HELMHOLTZ**'s Versuchs-**POLITZER**'s Methode angestellt.

Durch die Kontraktion des *M. tensor tympani* wird an sich ovale Fenster tiefer eingetrieben, wodurch das Labyrinthwasser fährt. **POLITZER** bewies das experimentell dadurch, dass er an ein in den halbzirkelförmigen Kanal ein Manometer einsetzte, welches minus, von dem der Muskel versorgt wird, einen stärkeren Druck zeigte. **HELMHOLTZ** bemerkte bei anderweitig erzielter Bewegung dieselbe Drucksteigerung nach der gleichen Methode. Durch die Labyrinth werden Bewegungen seiner Flüssigkeit, respektive Fensters in geringerem Grade möglich, eine bestimmte Intensität bringt dann eine schwächere Wellenbewegung in dem Labyrinth, hier sonach einen Dämpfungsapparat gegen stärkere Schwingung wird während seiner Einwirkung vorübergehend etwas schwächer.

**Das Trommelfell.** Gespannte Membranen werden wie die Schallbewegungen der Luft im Allgemeinen dann in Resonanz, wenn ihre Schwingungszahl, resp. ihr Eigenton mit der des Tones, entweder übereinstimmt oder ein vielfaches desselben ist, scheidet sich von einfachen gespannten Membranen ab, innerhalb gewisser Grenzen von einfachen Tönen und Klängen in Schwingungen versetzt werden kann, welche nach der Intensität dem erregenden Tone oder Klänge entsprechen. **HASCHKE** hat schon Eigenschaften einer wie das Trommelfell trichterförmigen Membran mit gegen das Lumen des Trichters konvexer Wandung des Trommelfells wird durch den Handgriff des Trichters seine Befestigungsbänder und je nach der Spannung der

erth des Luftdrucks einer relativ grossen am Hammergriff wirkenden Gleichgewicht halten oder eine solche ersetzen. Die Verschiebung des Hammers, namentlich seines centralen Abschnitts, ist wenigstens dreimal so gross, als die dadurch verursachte Bewegung der Spitze des Hammerstiels. HELMHOLTZ hat an einem in der Form des Trommelfells getrockneten Stück Schweinsblase die akustischen Wirkungen einer ähnlich wie das Trommelfell gekrümmten Membran studirt. Er leitete ihr durch ein aufgesetztes Stäbchen die Schwingungen einer Stimmgabel zu. Er fand, dass die gekrümmte Membran trotz ihrer Kleinheit eine Resonanz zeigte, fast der einer Violine ähnlich, und zwar erstreckt sich diese Resonanz wie beim Trommelfell über einen sehr grossen Theil der Skala, und sie wird namentlich für hohe Töne in der Mitte der viergestrichenen Oktave so mächtig, dass sie leicht zu ertragen ist. Umgekehrt konnte auch von der gekrümmten Membran die mit ihr verbundene Saite, wenn deren Eigenton angegeben wurde, leicht in Mitschwingungen versetzt werden, sodass die Verhältnisse mit dem Trommelfell beobachteten gut übereinstimmen.

Die Schwingungen des Trommelfells werden durch die grossen Schwingungen der Luft gegen seine Bewegung, die Verbindung mit den Gehörknöchelchen

Das Trommelfell kann in seiner Spannung wechseln sowohl durch die Wirkung des M. tensor tympani als durch Veränderung des Luftdrucks in der Paukenhöhle.

Das Einwärtsziehen des Hammerstiels durch den M. tensor tympani steigert die Spannung des Trommelfells, dasselbe ist durch den gesteigerten Luftdruck der Paukenhöhle, sowohl wenn wir durch die Eustachische Trompete Luft in die Paukenhöhle pressen, als wenn wir künstlich den Luftdruck auf die Paukenhöhle steigern, dadurch, dass wir durch Herausziehen der Paukenöhre aus der Paukenhöhle die Luft in derselben verdünnen, wodurch die Spannung des Trommelfells stärker nach innen gewölbt wird.

Die stärkere Spannung des Trommelfells macht dieses im Allgemeinen ungeschickter in Schwingungen zu gerathen, sie ist daher ein Dämpfungsmittel für heftige Schallbewegungen (J. MÜLLER). Gleichzeitig wird, wie etwas uneigentlich auszudrücken pflegt, durch die stärkere Spannung das Ohr gewissermaassen für hohe, durch Abspannung also mehr für tiefe Töne accommodirt. Schon bei gewöhnlicher Trommelfellspannung hören wir tiefe Töne schwächer als hohe. Bei jeder stärkeren Spannung der Membran tritt die oben erwähnte allgemeine Schalldämpfung ein. Die Dämpfung macht sich am auffallendsten für starke Schallbewegungen bemerkbar, lassen schwache Töne aus den mittleren und höheren Tönen der Skala, und hierin liegt die oben angegebene Akkommodation, eine auffällige Schwächung erkennen, als die tieferen Töne, die man bei starker Trommelfellspannung unter allen Umständen merklich geschwächt hat. Es zeigte direkt, dass bei Abspannung des Trommelfells auch die Intensität der Empfindung hoher Töne zunimmt, nicht nur die der tieferen. Ob die Aktion des Tensor tympani und damit die Spannung des Trommelfells direkt oder reflektorisch vom Akustikus oder von den sensiblen Nerven des Gehörganges aus (HALL) verändert wird, ist noch Kontroverse.



Einige können die Spannung des Tensor tympani sicher willkürlich **verändern** (cf. unten).

LUCAE hat durch Versuche nachgewiesen, dass das Trommelfell die auf ihm eintreffenden Schwingungen theilweise reflektirt. Je stärker die Trommelfellspannung, desto stärker die Reflexion. Bei Anstellung des VALSALVA'schen Versuchs, desto stärker ist die Reflexion. Der bei stärkerer Trommelfellspannung eintretenden subjektiven Dämpfung, wie wir oben beschrieben haben, entspricht objektiv eine stärkere Reflexion. Bei der stärker gespannten Membran auftreffenden Schallwellen wird ein geringer Theil genommen, resp. durchgelassen, ein grösserer Theil wird zurückgeworfen. Je nach der Spannung nähert sich bei allen Membranen die akustische Reflexion mehr der an einer starren Fläche. LUCAE nennt den zu seinen Untersuchungen von QUINCKE angegebenen Apparat: Interferenz-Orthoskop. Der Ton wird durch ein Kautschukrohr in das Ohr geleitet, während ein gabelig getöntes Instrument zu den Ohren der untersuchten Person führt. Der Untersucher vernimmt zugleich von dem untersuchten Trommelfell reflektirte Wellen; der Ton wird bei bestimmter Länge des Seitenrohrs durch Interferenz beider Schwingungen mehr gedämpft, je stärker die Reflexion ist.

Die erwähnte Schiefstellung des Trommelfells vergrössert damit die Schwingungsfähigkeit der Membran, sie ermöglicht es auch, die Zahl der von den Wänden des äusseren Gehörganges reflektirten Schallwellen, welche die Membran trifft, in senkrechter oder in nahezu senkrechter Richtung zu vergrössern.

Die Membran des runden und vielleicht auch die Bandventilfensters ist an sich schon geeignet, die Erschütterungen der Luft auf das Innenohr zu übertragen. Daher kann das Gehör fortbestehen, freilich merklich geschwächt, wenn der Paukenhöhlenapparat beschädigt ist, z. B. das Trommelfell durchbohrt oder die Verbindung zwischen Amboss und Steigbügel zerrissen, oder wenn eine Ankylose des Steigbügelgelenks besteht, oder wenn die Steigbügelplatte und ovalem Fenster krankhaft oder bei manchen Thieren (GEGENBAUM) besteht.

### Der Bau des Labyrinths und die akustischen Endapparate

Das Labyrinth ist der innerste Abschnitt des Gehörorgans, in dem die Nervenendigungen des Akustikus. Das Labyrinth bildet eine Kapsel aus Felsenbein, seine Wände sind mit Ausnahme des ovalen und runden Fensters knöchern. Der Verschluss des ovalen Fensters wurde oben besprochen. Die Membrana tympani secundaria, die Membrana ovalis, ist die Haut der Paukenhöhle und dem Periost der Schnecke gebildet und besteht aus zwei Lagen, von denen die äussere, der Schleimhaut zugehöriger, weiche ist.

In dem knöchernen Labyrinth, mit seinem Vorhof, den Vestibulum, und der Schnecke finden sich ziemlich allseitig von der Perilymphe umgeben, in der Labyrinthwasser, unspült die Gebilde des häutigen Labyrinths, die ebenfalls mit einer wasserigen, eiweisshaltigen Flüssigkeit, der Endolymph, erfüllt sind. Sie schliessen sich zum grössten Theil in ihrer äusseren Form innig den Formen des knöchernen Labyrinths an. Das häutige Labyrinth ist mit dem Perioste, welches die inneren Wände des knöchernen Labyrinths kleidet, an einigen Stellen durch starke, Blutgefässe führende Bänder, die Ligamenta labyrinthi canaliculorum et sacculorum (RUDOLPH) verbunden.

Auf dem Querschnitt lässt die Wand des häutigen Labyrinths

unterscheiden. Zu äusserst ein Bindegewebsstratum, auf welchem eine *nica propria* aufliegt, von welcher sich (RÜDIGEN) als normale Gebilde *lige* Vorsprünge erheben, die innerste Schichte bildet der Hauptmasse *en* Gängen ein einschichtiges Pflasterepithel, in den Säckchen sind die *ch*gehendes etwas cylindrisch. Soweit aber die Verbreitungsbezirke der *en* im häutigen Labyrinthe reichen, findet sich konstant ein meist gelb-*entirtes*, eigenartiges Epithel: Nervenepithel.

Häutige Labyrinth zerfällt in zwei Hauptabschnitte; der eiförmigen Grube *hernen* Labyrinths und seinen halbkreisförmigen Kanälen, die fast  $\frac{2}{3}$  *ses* umfassen, entspricht das eiförmige Säckchen, *Utriculus vesti-* *den* häutigen Bogengängen, welche mit dem eiförmigen Säckchen *en* Bildung des häutigen Labyrinths, in offener Verbindung stehen, jeder *r* Ampullenöffnung der knöchernen Kanäle entsprechend eine ampullen-*erweiterung*. Die häutigen Bogengänge zeigen nur etwa den dritten Theil *messers* der knöchernen Gänge, deren ovales Lumen im langen Durch-*2—1,7*, im kurzen *0,8—1* Mm. beträgt.

nahezu kugelig runde Säckchen, *Sacculus rotundus*, liegt in dem *nd* vorderen Theile des Vorhofs, dicht an dem Eingang der Vorhofs-*s* ist nach hinten und oben mit der Wand des ovalen Säckchens zu dem *erwachsen*. Nach unten verlängert es sich zum *Canalis reuniens* *v. A.*), einem engen Kanal, der zur Vorhofstreppe hinzieht und sich *winklig* mit dem häutigen Schneckengang, dem *Ductus cochlearis*, *und* zwar unmittelbar nach innen von dem sogenannten blinden An-*ss* Ganges, dem Vorhofsblindsack (cf. die Abbildung bei der vergleichen-*omie* des Ohres). Durch den *Aquaeductus vestibuli* sind die *säckchen* in Verbindung gesetzt, sodass demnach der ganze mit der Endo-*gefüllte* Hohlraum des häutigen Labyrinths in offener Verbindung steht, *Perilymphe* und *Endolympe* nirgends communiciren. Der *Aquaeductus* *in* der Nähe der Säckchen in zwei hohle Zweige, von denen der eine *nde*, der andere in das ovale Säckchen übergeht, nach hinten endigt er *blinden* Erweiterung (BOTTCHER). Der häutige Schneckengang, *ine* knöcherne Axe, den *Modiolus*, der Schnecke spiralig aufgewunden *nach* oben blind in dem sogenannten Kuppelblindsack (REICHERT). *Canalis reuniens* und in die beiden Blindsäcke des Schneckengangs treten *ustikusfasern* ein, das Epithel ist kurzeylindrisch wie in den Säckchen. *häutige* Labyrinth des Menschen und der Säugethiere besteht also im *hen* aus den zwei verwachsenen, aber nur durch den *Aquaeductus vesti-* *einander* frei communicirenden Säckchen; von dem eiförmigen Säckchen *drei* halbcirkelförmigen Kanäle ab; mit dem runden Säckchen verbin-*(durch* den *Canalis reuniens*) der einfache und blind endigende, spiral-*auf* den *Modiolus* der knöchernen Schnecke aufgewundene ebenfalls häu-*lis cochlearis*, der häutige Schneckengang.

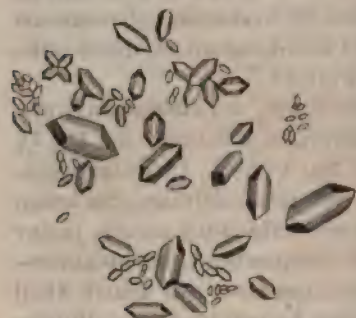
Gehörnerve theilt sich im inneren Gehörgange (*Meatus auditorius inter-* *nen* *Nervus vestibuli* und den *Nervus cochleae*.

*Nervus vestibuli* verbreitet sich an das elliptische Säckchen und die *n*, ohne in die halbcirkelförmigen Kanäle selbst einzudringen. In den *n* treten die Nerven je an einen durch Einstülpung und Verdickung der



Tunica propria der Ampullenwand erzeugten Wandvorsprung: Crista (STEIFENSAND, M. SCHULTZE), um in ihm und seiner nächsten Lage

Fig. 234.



Otolithen, bestehend aus kohlensaurem Kalk  
(nach FUNKEL).

Epithel einzudringen. Auch in den Säckchen findet sich je ein ähnlicher, aber etwas kleinerer Vorsprung der Wand: Macula, an der die Nerven endigen. An der Nervenendigung in beiden Säckchen findet sich ein Auge sichtbarer weisser Fleck, der aus einer schleimig-häutigen Masse an der Wand befestigt gehalten wird; er besteht aus dichten, sechseckigen Säulchen von Kalk, die als Gehörsand oder Gehörsteinchen beschrieben werden (Fig. 234). Die Endolympe der Bogenkanäle und der Nervenkanäle kommen nach hinten zu den Otolithen vor.

Die Akustikusfasern treten

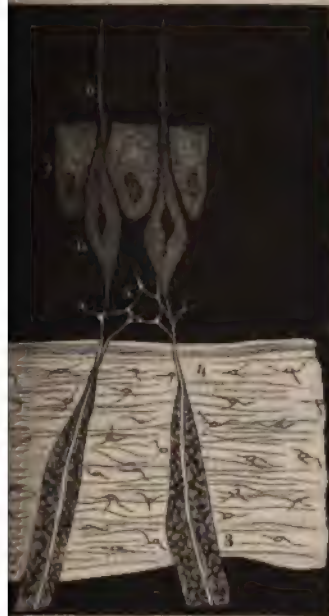
M. SCHULTZE erwiesen scheint (REICH, M. SCHULTZE, KÖLLIKER, REICH), dass das Epithel ein und endigen in Zellen, die oben je mit einem feinen Haare, dem Hörfaden, besetzt sind. Das Epithel an den Stellen besteht aus einem mehrschichtigen Cylinderepithel, zwischen dem sich die in die Hörfaden ausgehenden Zellen einschieben. Die Cylinderzellen, lassen also Zwischenräume und feine Kanäle zwischen sich, in denen die Haarzellen oder Stäbchenzellen eingelagert sind, welche die Organe des Akustikus gelten. Ihre Gestalt ist nach übereinstimmenden Angaben spindelförmig, nach unten zeigen sie einen langen, sich als faser charakterisirenden Ausläufer, nach oben tragen sie einen starren elastischen Fortsatz, das Hörhaar. Die an die Haarzellen heranreichenden Nervenfasern (Axencylinder) scheinen sich nach RÜDIGER (cf. dessen Figur 232) durch die Zelle fortzusetzen und sich mit den Axencylindern der Haarzellen direkt zu verbinden. In den mittleren Theilen des Nervenepithels liegen die Haarzellen an Zahl über die Cylinderzellen.

Nach M. SCHULTZE sind die in bestimmten Abständen von einander stehenden Hörhaare starre; beim Rochen im Durchschnitt etwa 0,04 mm lange mit einer breiteren Basis an das Nervenepithel grenzen und sonst von der Endolympe umspült werden.

Die Schnecke des Labyrinths erhält bekanntlich ihren Namen durch die Aehnlichkeit mit einem Schneckengehäuse (Fig. 233). Der Innenraum der Schnecke ist an die Spindel, Modiolus, befestigte Spiralblatt (Lamina spiralis) angeschlossen, die in Höhlungen, Treppen getheilt; von denen die der Basis nahere die runde Fenster beginnt (sie ist durch die Membran der runden Fenster, die Membrana tympani secundaria von der Paukenhöhle getrennt) und die Namen Scala tympani erhält, während die zweite, die obere Scala vestibuli, welche von der Basis der Schnecke weiter entfernt ist, mit dem Sphaericus des Vorhofs in Verbindung steht. Die Lamina spiralis erstreckt sich von der Spindel bis zur gegenüberstehenden Wand, sie setzt sich durch eine Hautlamelle (cf. S. 823), die Lamina spiralis membra

Schneckenkuppel communiciren die beiden Treppen mit einander durch Oeffnung, das Helikotrema. Ausser diesen beiden Treppen enthält der Labyrinthwasser erfüllte Schneckenkanal noch einen mittleren engen,

Fig. 232.



Verwendigung. 1. Knorpel der Ampul-  
strukturloser Basalsaum. 3. Doppelkon-  
faser. 4. Axencylinder durch den Sa-  
d. 5. Netzförmige Verbindung der feinen  
mit Kerben durchsetzt. 6. Spindelzellen  
dem dunkeln Faden im Innern. 7. Stütz-  
zellen. 8. Hörhaar.

Fig. 233.



Senkrechter Durchschnitt durch die Schnecke eines älteren Kalbsembryo, deren Gehäuse mit Ausnahme einer kleinen knorpeligen Stelle schon verknöchert war, während die Spindel und Spirallamelle noch häutig waren. In allen Windungen ist der Canalis cochlearis sichtbar, dessen Höhe 0,250 mm, die Breite 0,268 mm betrug, wobei zu bemerken, dass die scheinbar grössere Breite derselben in der Kuppel daher rührt, dass der Schnitt hier seitlich neben dem Spindelblatte vorbeiging. Im Canalis cochlearis sind die Habenula sulcata und die zwei Epithelialwülste auf der Membrana basilaris sichtbar. Vergröss. 6 mal. Breite der Schnecke an der Basis  $3\frac{2}{3}$  mm, Höhe derselben  $2\frac{1}{2}$  mm.

mit Endolympe gefüllten Raum, den häutigen Schneckenkanal, den der Entdecker REISSNER als Canalis cochlearis beschreibt. Dieses Organ ist weitaus das wichtigste in der gesammten Schnecke. Der Schneckenkanal wird

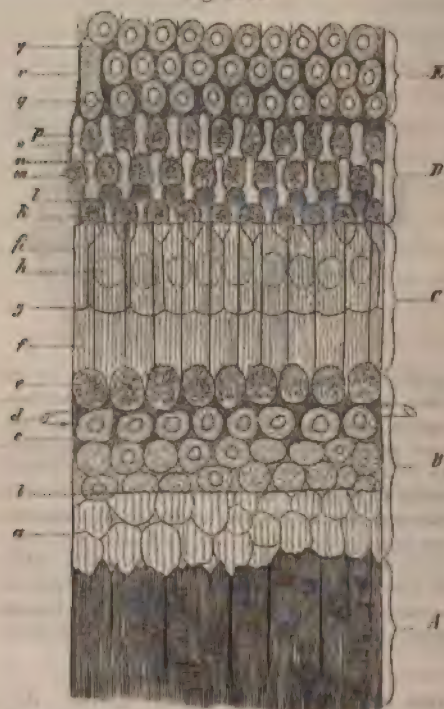
in und oben durch eine von der Lamina spiralis membranacea sich in vestibuli hinein erhebende Membran, die sich an der Wand ansetzt, die gleiche Haut, abgegrenzt. Er stellt demnach einen dreieckigen Raum auf, dessen Schnitt dar, welcher als Basis die Lamina spiralis membranacea s. M. als die innere Seite die REISSNER'sche Haut, als äussere Seite die der Wand der Schnecke anliegende Haut besitzt (Fig. 233). Nach der oben gegebenen Darstellung des häutigen Labyrinths ist der häutige Canalis cochlearis der Kuppel der Schnecke, an die Lamina spiralis ossea angelegt, spiralig gewunden, woraus die eben besprochenen Verhältnisse sich erklären.

Die Membrana spiralis membranacea s. Membrana basilaris im mittleren Gange trägt in einem eigenthümlich umgewandelten Epithel die Endorgane der Schneckenerven, nach ihrem Entdecker werden diese Endorgane das Corti'sche Organ genannt. Parallel mit der Lamina spiralis membranacea liegt über ihr ist, von der REISSNER'schen Haut entspringend, eine feine Membran, die man als Deckhaut, die Membrana tectoria, zu rechnende Membran ausgespannt, die Deckhaut,



**Membrana tectoria.** Sie trennt unvollkommen (?) den häutigen Kanal in zwei sehr ungleiche Abtheilungen, zwischen ihr und der

Fig. 234.



CORTI'sches Organ vom Hunde, vestibuläre Flächenansicht.  
<sup>200</sup>1. REISSNER'sche Membran, sowie Membrana tectoria entfernt. A Crista spiralis zum Theil wegen der schwärzlich durchschimmernden Nervenfaser (Ueberoximiumsäure) dunkel gefärbt. B Epithel des Sulcus spiralis internus. C Pfeilerköpfe. D Lamina reticularis. E Aeusseres Epithel der Membrana basilaris. — a Zellen des Sulcus spiralis, welche unter den Gehörzähnen hindurchschimmern. b Aeusserer Grenzlinie der Gehörzähne (letztere wegen der tieferen Fokaleinstellung kaum wahrnehmbar). c Kutikulares Maschenwerk zwischen den inneren Epithelzellen. d Stelle des Vas spirale. e Innere Haarstellen. f Köpfe der inneren Pfeiler. g Kopfplatten der inneren Pfeiler. Die neben einander liegenden Kopfplatten bilden bei hoher Fokaleinstellung ein helles kutikulares Dach über den Köpfen der äusseren Pfeiler, das sich von den inneren bis zu den äusseren Haarstellen erstreckt. h Grenzaumlinie der äusseren Pfeiler gegen die inneren. i Köpfe der äusseren Pfeiler durch die Kopfplatten der inneren Pfeiler durchschimmernd. Jeder Kopf zeigt als hellen Kreis den durchschimmernden optischen Querschnitt der äusseren Pfeilerkörper. j Phalangenförmige Kopfplatte der äusseren Pfeiler (erste Phalange). k Erste Ringe mit den Haarschöpfen der ersten äusseren Haarzellen. m n o Zweite und dritte Ringe und Haarbüschel. p q Zweite und dritte Phalangen. r Stützzelle (HENSEN). s Kutikulares Maschenwerk zwischen den Epithelzellen (Schlussrahmen DEITERS').

Haut ist ein verhältnissmässiger Raum, zwischen ihr und der spiralis membranacea. In diesem Spalt, in welchem die übrigen Gebilde des Gehörganges befinden.

Das Epithel des Gehörganges zeigt auch, wie das Corti'sche Organ, verschiedene Abtheilungen. Auf der äusseren Haut besteht es aus einem ziemlich grossen flachen Epithel, die übrigen Partien der Haut sind kleinere und dickere Epithelien. Das Corti'sche Organ befindet sich in ansehnlich vergrösserten, kegelförmigen Formen über dem

Nach der Darstellung, die wir uns hier vorsetzen, stellt den Membran Epithel der Membrana Corti'sche Organ, centrale Stütze des Gehörganges selbst, um welches in seitlicher Symmetrie stehen die Corti'schen Stäbchen. Die letzteren bilden die Basilarmembran aus den inneren und äusseren Epithelzellen. An die inneren Epithelzellen (Steg v. WINIWARTEK) schliessen sich die Reihe der inneren Epithelzellen an und die Körnerzellen von hier an dacht sich, dass die stossenden Epithelzellen nehmen, das Organ nach oben. Auf der äusseren Seite findet sich ebenfalls ein Epithelbogen entsprechend der Bogen entsprechend. An die äusseren Epithelzellen schliessen sich die Reihe der Epithelzellen an und an die äusseren Stützzellen.

len, welche mit wachsender Entfernung von den Bogen an Höhe mehr abnehmen (Fig. 234 und 235).

In angegebenen Elementen des Organs kommen noch zwei membranöse Bildungen, die Membrana tectoria und die Lamina reticularis.

Corti'schen Pfeiler erscheinen, von der Seite gesehen, gestreckt S-förmig.

Sie erheben sich mit einer unteren Anschwellung, dem Fuss von der

basilaris, verschmälern sich dann zu dem stäbchenförmigen Körper des

Welcher nach oben wieder zu dem Kopfe, den Gelenkenden Corti's an-

dem sich noch plattenförmige Anhangsstücke, die Kopfplatten, zeigen,

essentlich zur Lamina reticularis gehören: Die Kopfplatte jedes äusseren

springt mit einem langen Stiele von der Mitte des äusseren oberen Ran-

cht in eine ruderförmige Verbreiterung, die erste Phalange der Lamina

über. Jeder innere Pfeiler hat zwei Kopfplatten, die kontinuierlich in

übergehen, die kleinere innere erscheint von der Seite ziemlich haken-

krümmt, die äussere ist die gekrümmte, direkte plattenförmige Fort-

es Körpers. Die äusseren und inneren Pfeiler berühren sich mit dem

und haften nach v. WINIWARTER hier fest zusammen. Sie bilden je zwei

Bogen oder Steg; indem sie reihenweise dicht neben einander stehen,

n aus den Bogen gebildetes Gewölbe, Tunnel. Der Kopf der inneren

zu einer Art Gelenkgrube ausgehöhlt, in welche die Gelenkköpfe der

Fasern eingepasst sind (Fig. 235). Dabei deckt die Kopfplatte des

Fig. 235.



Durchschnitt des Corti'schen Organes vom Hunde. <sup>200/1</sup>. — a-b. Homogene Schicht der Membrana vestibularis derselben, den Streifen der Zona pectinata entsprechend. c. Tympanale Schicht aus kultem Zellenprotoplasma und querdurchschnittenen Bindegewebsbrillen darzwischen. d. Labium der Crista spiralis. e. Fortsetzung des tympanalen Periostes der Lam. spiralis ossea. f. Verdickter Membrana basilaris unmittelbar nach aussen von der Durchtrittsstelle der Nerven. h. d. Vas spirale. j. Nervenbündel. g. Epithel des Sulcus spiralis int. (nicht gut erhalten). i. Innere Haarzelle. k. Fortsatz. Ein den letzteren, oberhalb der Durchtrittsstelle der Nerven, einzelne Kerne und eine feine, in welche die Nervenfasern einstrahlen (Körnerschicht). l. Innerer Theil der Kopfplatte des inneren Pfeilers und Haare der inneren Haarzelle. m. Verbundene Kopfstücke beider Pfeiler; der Körper des inneren Pfeilers in der Mitte durchgeschnitten; dahinter treten Körper und Fuss o des folgenden inneren Pfeilers. n. Fuss mit kernhaltigen Protoplasmae des inneren Pfeilers. p, q, r. Drei äussere Haarzellen (nur die erste ist vollständig; von den beiden anderen sieht man nur die Kopftheile zweier anderer Haarzellen. s. HENSEN'sche Stützzelle. t-h. Lamina reticularis. w. Nerven, die an die erste Haarzelle p begiebt und sich unter dem Bogen durch bis zur Eintrittsstelle der Nerven verfolgen lässt.



sollen die Reste zweier Zellen sein, aus deren Verschmelzung sie gebildet sind.

Die Masse des Pfeilers selbst scheint zu den Kutikularien zu gehören. Der Kanal mit dreiseitiger Lichtung, welchen die Pfeiler in ihrer Mitte bilden, umläuft die ganze Länge der Lamina spiralis bis zum Hamulus, im Allgemeinen nehmen nach HENSEN die Grösse, Höhe und Spannweite des Bogens nach dem Hamulus hin ab, nach WALDEYER die Grösse des Ductus cochlearis selbst, nach HENSEN zu, stetig in mässigem Grade ab.

Auf der inneren Abdachung des Corti'schen Bogens stehen die Reihe der inneren Haarzellen. Ihre Gestalt ist kurz kegelförmig, der Kern, nach unten geht jede in einen langen Fortsatz über, der die erwähnte, aus kleinen Zellen bestehenden Schichte, die Kapsel (S. 235), einsenkt. Das obere Ende der Haarzellen wird von den nächststehenden Pfeilerköpfen umschlossen und trägt auf einem kleinen dichten Büschel stäbchenförmiger Haare. An die inneren Haarzellen schliessen sich Reihen cylindrischer Epithelzellen an, die über der Kapsel stehen. Auf der äusseren Abdachung der Corti'schen Bogen stehen die Reihe der äusseren Haarzellen, Corti'sche Zellen, in mehreren Reihen hintereinander, die Zellen jeder dieser Reihen abwechselnd mit den Zellen der unmittelbar nebenstehenden Reihe. In der Regelmässigkeit mit den Zellen der unmittelbar nebenstehenden Reihe trifft in jeder Reihe eine Haarzelle. Die Cilien stehen in einem Büschel auf der oberen Endfläche der Zelle wie bei den inneren Haarzellen. Jede Zelle soll zwei Kerne besitzen, der obere ist kleiner, der untere grösser. In der Nähe des unteren Kernes treten die Fortsätze ab; der längere und stärkere ist der gestreckte Fortsatz, der sich mit einer kleinen dreieckigen Anschwellung

n sich nur drei Reihen von Haarzellen finden, hat der Mensch vier vielleicht fünf Reihen.

ER entdeckte auf der Oberfläche des Corti'schen Organs die Lamina (is, eine zierliche kutikuläre Deckplatte, welche vorzüglich Rahmen für die Haarzellen abgiebt. Die Netzlamele setzt sich aus einer Anmiger und fingerphalangenähnlicher Rahmen: Ringe und Phalangen) zusammen. Der Zahl nach entsprechen diese den Haarzellen. Inneren Seite der Corti'schen Bogen findet man daher nur eine vollentwickelte Reihe von Ringen und Phalangen, aus den Ringen ragen die inneren Haarzellen hervor, nach aussen findet man der Zahl der äusseren Reihen entsprechend, mehrere Reihen von Phalangen und Ringen. Vom Corti'schen Organe gehen die Gebilde der Lamina reticularis Fläche der nächstgelegenen Epithels deckendes unregelmässigeres über, welches zum Theil die DEITERS'schen Schlussrahmen darstellt. Die obige Abbildung (Fig. 234) lehrt, stehen Ringe und Phalangen regelnd, jede Phalange ist von vier Ringen umgeben e. v. v. Die erste äusseren Ringe liegt am äusseren Ende der Kopfplatten der inneren Pfeiler nach dem Gesagten über die Köpfe der äusseren Pfeiler herüberlaufen, die Ringe schieben sich hier die phalangenförmigen Endstücke der Kopfplatten ein. Jeder Ring ist ausgefüllt mit dem Basalsaum einer Haarzelle, deren Cilien über den Ring hervorragen, die phalangenähnlichen sind mit einer zarten Membran verschlossen.

Äusseren Haarzellen sind mittelst ihrer beiden Fortsätze und ihrer oberen zwischen der Lamina reticularis und der Basilarmembran gleichsam angeschlossen. Diese Zellen und die Corti'schen Pfeiler finden sich nur in der des Menschen und der Säugethiere.

Die oben erwähnte Deckmembran des Corti'schen Organes, die Membrana tectoria oder Corti'sche Membran beginnt an der Ansatzlinie der Reisslaut auf der Crista spiralis, nimmt allmählich an Stärke bedeutend zu mit einem freien (?), allmählich wieder zart werdenden Rande in der äusseren Haarzellen, indem sie überall der Oberfläche des Corti'schen Organs aufliegt (HENSEN, GOTTSTEIN, WALDEYER), ihre Konsistenz ist weich, fertig, der Hauptmasse nach erscheint sie in radialer Richtung fein-

WALDEYER findet in dem anscheinend so sehr complicirten Bau des Corti'schen Organs einen einfachen Bauplan. Mehrere Reihen von Cylinderzellen (n) sind in regelmässiger Anordnung auf einer breiten Zone des Spiralar einander aufgestellt und zwischen zwei membranösen (kutikulären) Schichten, der Lamina reticularis oben und der streifigen Schichte der Membrana tectoria unten, festgehalten. Je zwei dieser cylindrischen Doppelzellen, äusseren Pfeiler, sind zum grössten Theile ebenfalls cuticular umgewandelt, bilden eine feste tragende Bogen (WALDEYER) für das Ganze. Abgesehen von diesem allgemeinen Plane sind die inneren Haarzellen keine Doppelzellen, entsprechen auch ebenso wie die inneren Pfeiler an Zahl nicht den äusseren Bildungen. Die inneren Pfeiler, welche sich sowohl nach aussen als nach innen hin an der Bildung der Lamina reticularis betheiligen, bilden den Mittelpunkt des ganzen Organs.



Die Art der Verknüpfung der Akustikusfasern mit den Bestandtheilen des Corti'schen Organs wurde neuerdings wenigstens zum Theil aufgeklärt.

Man war bisher vorzüglich geneigt, die Corti'schen Pfeiler als Fortsetzungen des Schneckenerven anzusprechen. Die neuen Untersuchungen, welche von den Haarzellen des Corti'schen Organes noch näher bekannt gemacht worden, weisen nun aber darauf hin, dass entweder die Haarzellen allein oder neben den Corti'schen Pfeilern die akustischen Endorgane darstellen. Die Hörhaare allein zur Perception sehr verschiedenartiger Töne empfinden zu können, scheint mit Sicherheit aus der schon oben angeführten Beobachtung hervorzugehen, dass in dem Labyrinth von Thieren, welche eine hochgradige Ausbildung des Gehörs erkennen lassen, in dem der Vögel, keine akustischen Endapparate sich finden als Haarzellen. HASSE hat als erste Untersuchung einer Nervenendigung in der Schnecke bei Vögeln und Fröschen einen Uebergang von einer ungetheilten marklos gewordenen Nervenfaser des Akustikus in den basilaren Fortsatz der Haarzellen nachgewiesen.

Der N. acusticus entspringt mit zwei Wurzeln aus der Medulla oblongata. Die eine kommt aus kleinen Ganglienkörpern am Boden der Medulla, die andere aus dem centralen Akustikuskern (SRIEDA). Die zweite Wurzel entspringt aus Fasern aus einem grosszelligen Ganglienkern im Crus cerebelli ad mediam: lateraler Akustikuskern (SRIEDA), und besitzt bald nach ihrem Austritt aus der Medulla ein kleines Ganglion. Die Wurzeln vereinigen sich zu einem gemeinsamen Stamm, dessen Primitivfasern, denen die SCHWANN'sche Hülle fehlt, sich nicht selten verästeln und theilen (CZERNAK). Dieser Stamm zerfällt in seine beiden Hauptäste: Ramus vestibularis und Ramus cochlearis. Der erstere zeigt hier ein kleines Ganglion und die Rami ampullares, utricularis und in den Ramus sacculi. Der letztere ist der stärkere, er sendet zum Septum utriculi et sacculi ein Bündel ab und tritt dann durch den Tractus spiralis foraminulatus in die Windung der Lamina spiralis, sowie in die Spindel ein, von wo er zu den übrigen Windungen des Spiralblattes begiebt. Vor ihrem Durchgange durch die Lamina spiralis durchsetzen sämtliche Nervenäste das Ganglion canaliculare am Anfange der Lamina spiralis gelegen. Hier tritt jede Nervenfaser durch eine bipolare Ganglienzelle durchzutreten, solche sind auch im Hauptstamm und im Ramus vestibularis zahlreich. Hinter dem Ganglion breiten sich die nach innen stark markhaltigen Nervenfasern in Anastomosen und Plexusbildung flächenhaft unter der oberen Lamina der Lamina spiralis ossea aus, spitzen sich an der Grenze der Lamina basilaris rasch zu und treten durch feine Kanäle der letzteren, verlieren den grössten Theil ihrer Markscheide, in den Ductus cochlearis.

Auch nach diesem Durchtritt ist die Richtung der Fasern eine verschiedene. Man unterscheidet stärkere innere und feinere äussere radiäre Fasern. Beide durchsetzen zunächst die Körnerschicht. Die inneren Fasern, welche als Fibrillenbündel (Axencylinder) erscheinen, treten durch die Körnerschicht hindurch und gehen auch bei den Säugethieren in das spitze Ende der inneren Haarzellen über (WALDEYER), wie es bei den Haarzellen der Vögel und Frösche beobachtet hat. Die äusseren

schon GOTTSTEIN zwischen je zwei inneren Pfeilern in den CORTI'schen Tunneln und durchsetzen denselben ungefähr in der Mitte der Pfeilerhöhe, sodass jeder Seite an gespannte Harfensaiten erinnern, ebenso treten sie zwischen äusseren Pfeilern wieder aus und verschmelzen mit den äusseren Haarzellen der innersten Reihe, vielleicht auch mit denen der weiteren Reihen. Die Radiärfasern erscheinen als feinste, leicht variöses anschwellende Nerven, wie die von M. SCHULTZE in der Retina beschriebenen. M. SCHULTZE entdeckte spirallig verlaufende Faserzüge, welche auch von DEITERS, HENSEN u. A. für nervöser Natur gehalten werden. Nach M. SCHULTZE diese Fasern in Verbindung mit den Kernen (Protoplasmaresten, Zellen) an den inneren Pfeilern und mit den Zellen, die an der Spitze der Bogen Vorher treten sie mit einer Schichte grosskerniger zarter Zellen im Sulcus internus in Beziehung in analoger Weise wie die Fasern in den Körnern der Retina (namentlich in den inneren, WALDEYER), sie scheinen diese welche darnach als bipolare Ganglienzellen erscheinen, zu durchsetzen. Jeder Seite, auch von WALDEYER, wird die nervöse Natur der Spiralfasern beifügt.

#### Ung der Schallwellen im Labyrinth und Erregung der akustischen Endorgane.

Wird durch eine Steigerung des Luftdrucks, z. B. durch Schallwellen erregt, so werden die äusseren Gehörgänge das Trommelfell nach einwärts getrieben, so werden auch die Gehörknöchelchen nach innen gedrängt und die Fussplatte des Steigbügels wird tiefer in das ovale Fenster eingedrückt. Das nicht zusammengehörige, übrigens rings von knöchernen Wänden umgebene Labyrinthwasser wird nach einer Seite hin dem Steigbügeldrucke ausweichen, nämlich gegen das ovale Fenster mit seiner elastischen Membran (E. WEBER). Dahin steht dem Labyrinthwasser entweder der Weg durch das Helikotrema, die enge Oeffnung in der Mitte der Schnecke offen, oder, da die Zeit hierzu bei den Schallschwingungen wahrscheinlich nicht hinreicht, muss es die membranöse Scheidewand zwischen dem ovalen und dem runden Fenster hindrängen. Bei Luftverdünnung im Gehörgange wird das Umgekehrte eintreten (HELMHOLTZ).

Auf diese Weise werden die Schallschwingungen der im äusseren Gehörgange befindlichen Luft auf die Membranen des Labyrinths, namentlich auf die Grundmembran und die in den Membranen endigenden Nerven übertragen. Die Nervenenden sind nach dem oben Gesagten mit sehr elastischen Anhängen verbunden, deren Bestimmung ist, durch ihre Schwingungen die Nerven mechanisch durch Erschütterung zu versetzen (HELMHOLTZ).

Diese schwingenden elastischen Anhänge der Gehörnervenfaser werden Ampullen und Säckchen die Hörhaare in der Schnecke die analogen der Haarzellen des CORTI'schen Organes, von HELMHOLTZ auch die CORTI'schen Pfeiler angesprochen.

Die ganze Anordnung des CORTI'schen Organs spricht dafür, dass dasselbe ein Hörorgan sei, geeignet, die Schwingungen der Grundmembran aufzunehmen und in Nervenimpulse zu gerathen. Wird durch den eindringenden Steigbügel Druck auf das Labyrinthwasser vermehrt, so muss die Grundmembran



Lage der Enden der Nervenfasern zu den Corti'schen Pfeilern so viel fest, dass jene durch ihre Erschütterung der Pfeiler erschüttert werden müssen.

Aus den Erscheinungen der Dämpfung der Schwingung hervor (HELMHOLTZ), dass es verschiedene Theile des Ohres durch verschieden hohe Töne in Schwingungen versetzt werden empfinden. Aber allerdings ist bisher noch nicht mit aller Sicherheit bekannt, welche Theile im inneren Ohr es sind, die bei den einzelnen Tönen diese Function ausüben.

Man hat auch den Hörsteinchen diese Function zugesprochen, in einer schleimigen Flüssigkeit suspendirt, dazu Hörhaare scheinen gut dazu geeignet einzelne Stöße auf die Nerven zu übertragen, da Körperchen von so geringe Bewegung nicht lange beharren können. Zur Ausführung solcher Schwingungen, von der Dauer, wie sie im Gehörorgane vorkommen, sind die Corti'schen Fasern am ehesten geeignet. Elastiche Schwingungen sehr rasch gedämpft werden, werden durch Stöße und Strömungen des Labyrinthwassers verhältnissmässig lange erhalten, werden also durch solche Schwingungen, wie durch musikalische Töne, sie werden also namhaft gemacht, dass solche schneller unregelmässiger Erschütterungen, wie der Geräusche bedingen, dienen können. Dagegen werden sie nicht nachzuschwingen vermögen, durch einen musikalischen Ton, der eine bestimmte Höhe bekanntlich stärker erregt als von einzelnen Stößen, eine Fortdauer der an sich kleinen Anstösse eintreten kann. HELMHOLTZ nimmt an, dass die Nervenverbreitung im Vorhof und den Ampullen nicht die Wahrnehmung der Geräusche, die Corti'schen Pfeiler aber die Wahrnehmung der musikalischen Töne dienen. Er nimmt weiter an, dass die Corti'schen Pfeiler wie die von Saiten verschieden sei und einer rege-

en würde. Diese Möglichkeit erklärt sich daraus (HELMHOLTZ), dass, wenn gegeben wird, dessen Höhe zwischen der von zwei benachbarten Pfeilern oder beide in Mitschwingungen versetzen, diejenige aber stärker, deren Ton er näher liegt, was eine spezifische Empfindung hervorrufen kann. Im Allgemeinen ein einfacher Ton dem Ohr zugeleitet wird, so diejenigen CORTI'schen Fasern, die ihm ganz oder nahezu gleichstimmig k erregt, alle anderen schwach oder gar nicht. Jeder einfache Ton wird durch gewisse Nervenfasern empfunden, Töne von verschiedener Höhe verschiedene Nervenfasern.

Ein zusammengesetzter Klang dem Ohre zugeleitet, so wird derselbe in gleicher Weise, wie wir seine complicirte Schwingung durch Reizen in die einzelnen sie komponirenden pendelartigen Schwingungen zerlegen können, der Tonhöhe den harmonischen Obertönen entsprechend, zerlegen können, den mitschwingenden Theilen in unserem Ohre in seine einzelnen einteiltöne getrennt. Dasselbe erfolgt bei einem Akkord. Es werden durch oder durch den Akkord alle diejenigen elastischen Gebilde des inneren Organs, deren Tonhöhe, für welche sie abgestimmt sind, den verschiedenen Organsmasse enthaltenen einzelnen Tönen entspricht. Die ursprünglich eintönige Bewegung der Luft, der Klang wird dadurch in eine Summe vieler pendelartiger Bewegungen der akustischen Endapparate zerlegt, die an sich einfache Luftschwingung des Klangs als eine Summe verschiedener Empfindungen erscheint, aus welcher man bei gehörig gerichteter Aufmerksamkeit alle die einzelnen Empfindungen der einzelnen einfachen Töne einzunehmen vermag. Durch die Hypothese von HELMHOLTZ werden also die Empfindungen des Hörens auf solche des Mitschwingens zurückgeführt. Die Theorie steht mit der Theorie der spezifischen Energien in vollkommenstem Einklang, beide dienen sich wechselweise zur Bestätigung. Die Empfindung jeder Tonhöhe ist hiernach also eine Empfindung in verschiedenen Nervenfasern. Die Empfindung der Klangfarbe beruht darauf, dass ausser den seinem Grundton entsprechenden akustischen Endapparaten eine Anzahl anderer in Bewegung setzt, also in mehreren verschiedenen von Nervenfasern Empfindung erregt. Die Empfindung der Geräusche werden durch plötzliche, plötzlich gedämpfte Bewegungen vielleicht der akustischen Endapparate hervorgerufen. Die Stärke der Schallwirkung ist in gewissen Grenzen der Bewegungsstärke der im inneren Ohr wirkenden Apparate direkt proportional.

**Physiologische Eigenschaften der Hörhaare.** Je nach ihrer grösseren oder geringeren Masse zeigen die Hörhaare eine geringere oder stärkere Dämpfung. Die Beobachtungen an den Gehörorganen der Crustaceen haben direkt nachgewiesen, dass auch die Hörhaare in Mitschwingungen versetzt zu werden. Es sind diese Mitschwingungen zugleich der erste direkte Beweis der HELMHOLTZ'schen Theorie, dass der Ton des Hörens auf dem Phänomen der Mitschwingung spezifischer akustischer Endorgane beruhe.

Crustaceen haben theils geschlossene, theils nach aussen offene Otolithensäcke, in denen Hörsteinchen in einer wässrigen Feuchtigkeit getragen von steifen Härtschweben, welche mit ihren Enden den Steinchen anhaften und zum Theil eine nach Grösse geordnete Reihenfolge, von grösseren und dickeren zu kleineren und feineren übergehend, erkennen lassen. Auch an der



Körperoberfläche, an den Antennen und am Schwanze bei Mysis finden sich solche Hörhaare, welche von demselben Nervenstamme wie die Gehörhaare erhalten und nach Exstirpation der letzteren die Fähigkeit des Hörens durch einen dem Trommelfell und den Gehörknöchelchen nachgebildeten HESSEN den Schall eines Klapphorns in das Wasser, in welchem er unter eine Mysis beobachtete. Es ergab sich, dass durch gewisse Töne des Horns äusseren Hörhaare in starke Vibration versetzt wurden, durch andere Töne jedes Hörhaar antwortete auf mehrere Noten des Horns.

**Dämpfung der Schwingungen im inneren Ohr.** Die Dämpfung ist in dem sehr vollkommene; es können (HELMHOLTZ), wenigstens in dem grössten noch Triller von je 10 Schlägen in der Sekunde scharf und klar aufsteigend abwärts in der grossen und Kontraoktave klingen sie aber schlecht, rasch, an sich zu vermischen. Diese Erscheinung lehrt, dass die Dämpfung der Theile für tiefe Töne im Ohr nicht genügend stark und schnell ist, um den Wechsel von Tönen ungestört zu Stande kommen zu lassen, dass wir also bei der Wirksamkeit der Dämpfungsmechanismen stehen. Im Ganzen können HELMHOLTZ annehmen, dass die mitschwingenden Theile etwa den Grad der Dämpfung, dass die Intensität des ausklingenden Tons nach  $\frac{1}{3}$  Sekunde mindestens halbiert ist.

Die Dämpfungseinrichtungen bestehen theils in der geringen Masse der Theile selbst, zum Theil scheinen auch noch spezifische Dämpfer zu existieren, spricht die Membrana tectoria und die Otolithen als solche an. Die Masse eingelagerten Otolithen vergleicht er mit einem «Sacksack», der nicht sein könne, in regelmässige Schwingungen zu gerathen, sondern viel eher die Schwingungen anderer Körper, mit denen er in Berührung kommt, zu von ihm behauptete schleimige Konsistenz der Membrana tectoria, ihre Lage, wie ein Gallertschleier gerade auf dem Haarzellen tragenden Theil des Gangs, scheinen WALEYER, der, wie Andere, nur die Haarzellen als Endapparate gelten lassen will, auch für ihre Wirkung als Dämpfer. HELMHOLTZ fasst dagegen die Otolithen als mitschwingende Theile auf, dasselbe Beziehung auf die Membrana tectoria, ihre Schwingungen würden nach ihm Cilien der Haarzellen übertragen, Membran sei also im Verein mit den Otolithen die empfindungserregende Einrichtung im inneren Ohre.

**Die halbkreisförmigen Kanäle.** Auch die halbkreisförmigen Kanäle sind Apparate der Wellenbewegungen des Labyrinthwassers angesprochen worden ist ihre Zusammenordnung der Art, dass die gleichzeitig und gleichartig in eines jeden Kanals eintretenden Schallwellen sich in der Mitte begegnen müssen. Begegnung gleichartiger Wellen wird ihre Bewegung vernichtet.

Während das Gehör nach Zerstörung der Schnecke vollkommen vernichtet ist, bestehen nach Zerstörung der häutigen Bogengänge, dagegen treten dann Störungen von FLORENS, BROWN-SÉQUARD, GOLZI u. A. Störungen des Gleichgewichts ein. Hat man an einer Taube den horizontalen Bogengang einbeiderseits durchschnitten, so macht sie dauernd, oft Monate lang, Abweichungen des Kopfes und Körpers von rechts nach links und umgekehrt, die Durchschneidung des senkrechten Bogengangs macht sie pendelartige Bewegungen in vertikaler Richtung. Gleichzeitig ist das Flugvermögen verschwunden, die Otolithen der Bogengänge zerstört, auch das Vermögen zu stehen. An Froschen, der Durchschneidung beider Hörnerven die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, die Bewegungen unbeholfen, BROWN-SÉQUARD sah Heilhubbewegungen eintreten. Nach der Hypothese von GOLZI dient der Akustikus nicht dem Gehörsinn, sondern vermittelt auch das Gleichgewicht, die Bogengänge seien die

für das Gleichgewicht des Kopfes und Körpers. Dass bei gewissen Erkrankungen des Gehörorgans Schwindel: Gehörschwindel, »im Gegensatz zum Geschwindel«, sich einstellt, ist bekannt.

### Räumliche Schallwahrnehmungen.

**Beziehung auf die räumliche Wahrnehmung, über den Ort, die Richtung** Entfernung des das Sinnesorgan erregenden Körpers, steht das Ohr dem Ort nach. Im Allgemeinen sind wir gewöhnt, die Schalleindrücke, welche Vermittelung von Luft bei offenem Gehörgang auf das Trommelfell treffen, zu verlegen, während wir geneigt sind, Eindrücke, welche nur durch Ableitung dem Gehörnerven zugeleitet werden, als im Organismus selbst zu fassen.

**Richtung des Schalles.** Wir hören einen Schall dann am deutlichsten, wenn seine Schallwellen in der geradlinigen Verlängerung des äusseren Gehörganges rechtwinkelig auf das äussere Ohr auftreffen, in diese Linie verlegen wir die Richtung des schallgebenden Körpers nach aussen. Um die Richtung des Schalles zu bestimmen, benützen wir normal die gleichzeitigen Schalleindrücke in beiden Ohren. Die Intensität des Schalleindrucks in beiden Ohren ist gleich, wenn der Schall von einem Punkte der nach rückwärts oder vorwärts verlängerten Medianebene des Körpers herkommt, weil in diesem Falle die Schallwellenzüge in beiden Ohren gleichmässig eindringen. Nach dem Bau unserer Ohrmuschel, welche von vorne kommende Schallwellen in grösserer Breite auffangen und in den Gehörgang reflektiren kann, wird ein in dieser Richtung auftreffender Schall stärker empfunden als ein von hinten kommender. Es wird dadurch unter gewissen Umständen ein Urtheil über die Richtung, ob von vorne oder von hinten der Schall herkommt, möglich. Kommt der Schall von Punkten her, welche von der verlängerten Medianebene des Körpers liegen, so wird ein Gehör stärker als das andere getroffen werden. Bei gleichmässiger Erregung beider Ohren pflegen wir die äussere Schallquelle in die verlängerte Medianebene des Körpers zu verlegen; wird ein Ohr stärker als das andere erregt, so verlegen wir den Ort der Schallquelle auf Seite des stärker erregten Ohres. Zur feineren Bestimmung der Richtung bedienen wir uns dann zunächst eines Ohres, wir drehen durch Drehungen des Körpers und Kopfes die Stellung des Ohres auf, bei welcher wir den Schall am intensivsten hören, und verlegen dann in die oben bestimmte Linie die Schallrichtung. Wir glauben dann den Schall beim Lauschen nur mit dem der Schallquelle entgegen gewendeten Ohre zu hören. Das Ohr ist dabei aber keineswegs wirklich ausgeschlossen, es tritt eine Schwächung der Wahrnehmung ein, wenn das abgewendete Ohr verstopft wird.

WENER fand, dass man unter Wasser getaucht, so lange der Gehörgang mit Wasser gefüllt ist, den Schall als etwas Aeusseres hört und unterscheiden kann, ob er von rechts oder links kommt; hat man den Gehörgang mit Wasser gefüllt, so scheint der Schall, wie bei reiner Knochenleitung als im Kopfe selbst entstanden zu sein. Man meint mehr als ungewiss, ob bei der Bestimmung der Schallrichtung durch die Vorsprünge der Ohrmuschel irgend einen Dienst leisten. Die Entfernung des Schalls beurtheilen wir aus der Intensität der Schalländerung. Die Schallintensität wird schwächer mit der Entfernung der



Die einer bestimmten Entfernung entsprechende Schallintensität  
Einzelfall, wie oben gesagt, nach unseren Erfahrungen über die  
stimmt Schalles. Das leise Summen der Biene oder einer Mücke  
der geringen absoluten Intensität entsprechend, in weite Ferne.  
Ursache der Geräusche, so kann uns ein schwaches, von schwacher  
ter Entfernung kommend, erscheinen. Bekannt sind die Täuschungen  
klopfen im oder in der Nähe des Ohrs, das man mit fernem Dresch  
wechselung, die auch umgekehrt eintritt.

**Das Hören mit beiden Ohren** scheint nicht die Eigenthümlichkeiten  
Augen zu theilen, welche wir aus den identischen Punkten der beiden  
vorgehen sehen. Identische akustische Endapparate im Sinne jener  
elemente, sodass durch eine gleichzeitige Erregung der identischen  
Gehörorganen nur ein einfacher Sinnesindruck hervorgerufen wird  
stören, wenigstens ist ihre Existenz noch unbewiesen. Einen ein-  
stimmigen Akustikusenden in beiden Ohren erregt, hören wir zwar  
fach, wir sind aber im Stande, zwei qualitativ gleiche Gehörseindrücke  
sität auf je ein Ohr einwirkend gesondert zu empfinden. Auch das  
mit beiden Ohren charakterisirt sich nach den Beobachtungen Freyer's  
immer als eine einfache Empfindung, da bei einer Anzahl von Per-  
sonen ausgesprochen aber bei krankhaften Zuständen (s. Wernicke)  
Ton höher empfindet als das andere.

Das Hören mit beiden Ohren ermöglicht, wie wir oben sahen  
stützung der Gehörorgane vor allem zur Bestimmung der Richtun-  
seitige Fehler werden dadurch ausgeglichen. Auch aus E. H. Wernicke  
giebt sich, dass die Fähigkeit der Verschmelzung der Empfindung  
habe. Hört man auf zwei Ohren von etwas verschieden schnelle  
Ohre, so unterscheidet man die Perioden in welchen das Ticken  
trifft, als einen sich regelmässig wiederholenden Rhythmus. III

entweder die Erregung zweier gleichstimmiger Akustikusenden in beiden Ohren ist, oder verlegt wenigstens die Empfindung der Erregung auf die stärker erregte

Wenn wir uns eine tönende Stimmgabel an den Kopf, so verlegen wir den Ton derselben ausser, da neben der Knochenleitung der Ton auch durch die Luft unserem Trommelfell geföhrt wird. Der Ton erscheint stärker und ausschliesslich im Kopfe selbst entstanden, wenn wir beide Ohren verstopfen. Verschliesst man nur ein Ohr, so hört man auf diesem Ton verstärkt oder sogar ausschliesslich. POLITZER hält diese Tonverstärkung für ein Resultat, da nach dem Verstopfen die Schallwellen nicht mehr durch den äusseren Gehörgang abfliessen können und die in letzterem eingeschlossene Luft durch Resonanz den Ton verstärkt. Auch die eigene Stimme hören wir bei verstopften Ohren im Kopfe selbst.

### Entotische und subjektive Schallwahrnehmungen.

**Entotische Wahrnehmungen.** Es kommen objektive Schallwahrnehmungen vor, deren Ursache jedoch im Ohre selbst gelegen ist. Schon oben wurde das knackende Geräusch im Ohre bei Spannung des Trommelfells und bei kräftiger Anspannung der Kaumuskeln (A. FICK) erwähnt. Es wird von Einigen als Muskelgeräusch, von der Kontraktion des M. tensor tympani veranlasst, betrachtet. Andere leiten es von der plötzlichen Anspannung des Trommelfells her. Nach POLITZER und LÖWENBERG ist das Knacken nicht mit einer, durch ein Manometer nachweisbaren Einziehung des Trommelfells verbunden, sie leiten es vielmehr von der plötzlichen Oeffnung der Tuba Eustachii ab. HELMHOLTZ führt ein gewisses von ihm beobachtetes Klirren im Ohre auf das Anschlagen der Sperrzähne des Hammeramankes zurück. Die Arterien des Ohres und auch fernere Arterien (Karotisblutstrom) können Erschütterungen des Felsenbeins hervor, welche als rhythmisches Klopfen empfunden werden, besonders deutlich, wenn man mit dem Ohre auf einem harten Körper liegt. Wenn der äussere Gehörgang künstlich oder durch einen Ohrenschmalzpfropf, oder die Paukenhöhle durch Verschluss der Tuba Eustachii verstopft, so bringen diese Erschütterungen die Resonanz der abgeschlossenen Luftmengen brausende Geräusche: Ohrenklingen hervor, diese werden stärker, wenn in einem, dem Gehörgang aufgesetzten hohlen, z. B. Röhre, Muschel etc. die abgeschlossene Luft mitschwingt. Setzt man Röhren bestimmter Länge an das Ohr, so nimmt man den ihrer Resonanz entsprechenden Ton aus dem brausenden Schallgeräusche wahr.

**Subjektive Gehörsempfindungen.** Die Gehörnerven können ausser durch objektiven Schall auch noch durch einige andere Momente erregt werden, doch sind diese subjektiven Erscheinungen bei dem Ohre noch weniger festgestellt. Dass es nach dem Aufhören objektiven Schalles noch Nachtöne giebt, haben wir schon oben bei der Frage nach der Halbdampfung im inneren Ohre besprochen; auch mit dem SAVART'schen Rade lässt sich zeigen, dass bei einer sehr raschen Aufeinanderfolge von Tönen eine Mischung derselben zu einem Geräusche eintritt. Während des Nachtönens ist, wie es scheint, die Empfindlichkeit für den gleichstimmigen objektiven Ton geschwächt. Es existirt eine Störung des Gehörorganes. Zu den subjektiven Empfindungen rechnet man das Ohrenklingen, das meist als eine bestimmte, gewöhnlich sehr hohe Tonempfindung erscheint. Es tritt in Folge von Abnormalitäten der Bluteirkulation im Gehirn und inneren Ohre ein. Blutverlusten, vor dem Eintritt von Ohnmachten, bei grosser körperlicher Ermüdung, z. B. im Beginn von Krankheiten, nach narkotischen Vergiftungen, nach Chiningerung etc. Meist ist der Grund für das Ohrenklingen nur ein ganz lokaler. Es scheint sich dabei um eine durch abnorme Ursachen hervorgerufene Erregung eines oder mehrerer bestimmter akustischer Endorgane handeln zu können, da man dann bei dem subjektiven Hören dieser Töne Hyperästhesie gegen die entsprechenden objektiven Töne findet (MOOS, 1884, S. 114). Die subjektiven und entotischen Gehörsempfindungen werden meist weder



von Gesunden noch Gehörkranken nach aussen verlegt, doch können sehr Verstandeskkräfte auch Gelegenheit zu Hallucinationen geben.

In neuerer Zeit wird wieder vielfach behauptet, dass auch durch Störung (des Akustikus?) Gehörempfindungen hervorgerufen werden können (W. Erb).

### Zur Entwicklungsgeschichte des Ohres.

Der wesentliche Theil des inneren Ohres, das häutige Labyrinth, die kreisförmigen Kanäle und der eigentliche Schneckenkanal stellen (Kollum) fange ein nach aussen sich öffnendes Bläschen dar, welches seinen Ursprung von der Haut nimmt. Der Hörnerve entsteht selbständig nach Art der gangliösen Urwirbelplatten des Kopfes und tritt erst in der Folge sowohl mit dem Labyrinth als mit der dritten Hirnblase, dem Nachhirn, in Verbindung. Vom Labyrinth werden durch Anlagerungen die knorpeligen und theilweise auch die knöchernen Theile des Labyrinths geliefert; das mittlere und äussere Ohr mit den Gehörknöchern und dem Trommelfell.

Fig. 236.



Kopf und Hals eines menschlichen Embryo aus dem 5. Monate (von circa 18 Wochen) vergrössert. Der Unterkiefer ist etwas nach oben gezogen, um den Meckel'schen Knorpel zu zeigen, der zum Hammer führt. Aussen an demselben liegt der Nervus mylohyoideus, innen davon der Querschnitt des Pterygoideus internus und der M. mylohyoideus. Das Trommelfell ist entfernt und der Annulus tympanicus sichtbar, der mit seinem breiten vorderen Ende den Meckel'schen Knorpel deckt und dicht hinter sich den Eingang in die Tuba Eustachii zeigt. Ausserdem sieht man Amboss und Steigbügel sammt dem Promontorium, dahinter die knorpelige Pars mastoidea mit dem Proc. mastoideus und dem langen gebogenen Pr. styloideus, zwischen beiden das Foramen stylomastoideum; ferner den M. styloglossus, darunter das Lig. stylohyoideum zum Cornu minus ossis hyoides, dessen Cornu majus auch deutlich ist, und den abgeschnittenen M. stylohyoideus. Am Halse sind blossgelegt der N. hypoglossus, die Carotis, der Vagus, einige Muskeln und der Kehlkopf zum Theil.

und dem Trommelfell. Theilen der Kiemenglieder der ersten Kieme (Fig. 49.)

Äussere Ohr. Der knorpelige Kiemebogen bildet den Hammer und Amboss, den Meckel'schen Knorpel (Fig. 236). Hammer und Amboss sind knorpelig. Anfang ganz knorpelig, beginnen sie vom Fetus an knöchern zu werden (H. Meckel). Geboren sind sie knorpelig. Der Meckel'sche Knorpel hält sich unverändert bis zum 8. Monat, von da an knöchern. Der Steigbügel ist das Anfangsstück des zweiten Kiemebogens hervor. Der Steigbügel ist zunächst ein undurchsichtiges, knorpeliges Gebilde, wie bei vielen Thieren, und wird in dem auch knorpeligen Fetus durch Resorption zu einem knöchernen Gebilde. Das Fötale Ohr ist in der Form weiter entwickelt, als das Fötale Ohr. Die Fötale Ohrkapsel ist in der Form eines Hohlraums, in dem das Fötale Ohrkapselknochen liegt, das erst in der Geburt der gestalteten Ohrkapsel und Paukenhöhle in der Form einer Kapsel wird. Dasselbe Gebilde ist die Paukenhöhle.

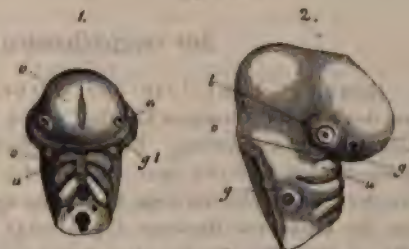
im Fötalleben auch die Tuba. Das Trommelfell ist beim Embryo dicker, besitzt einen Cutisüberzug, seine Stellung ist nahezu horizontal. Der knöcherne Gehörgang aus dem knöchernen Annulus tympanicus, der erst nach der Geburt mit dem Meibom verwächst (Fig. 236).

**Labyrinth.** Beim Hühnchen entstehen in der zweiten Hälfte des zweiten Brütages an Kopfseiten etwa in der Nachhirnmitte, in der Gegend der Urwirbelplatten (also etwa dem Rücken entsprechend) zwei seichte Grübchen, welche am Ende des zweiten Tages schon als ziemlich enge Gruben mit enger Mündung erscheinen, die sich am dritten Tage vergrössern. Es wird dadurch in das neue Labyrinth: Gehör- oder Labyrinthbläschen, gerade wie bei der Bildung der Linse ein Theil der äusseren Lage des Epidermisblattes abge-

Aus den Beobachtungen Bischoff's ist hervor, dass auch bei den Säugethieren die Anlage in dieser Weise erfolgt. Nach Reissner wird das Labyrinth durch Wachstum seiner epithelialebran zunächst birnförmig und scheidet sich in einen oberen länglichen, der an der Stelle des Bläschens zugerichteten (Recessus labyrinthi, Reissner) und in einen unteren rundlichen Abschnitt, der den Vorhof bildet. Bald bildet sich an dem Vorhof, der sich zu einem rundlich-eckigen Ausbuchtung, ein zweiter Anhang nach oben und unten hervor, die Anlage der Kiefer. An der Vorhofsanlage bilden sich dann in die Länge sich ziehende

Kanäle, die später in ihren mittleren Theilen zu je einem, zuerst kurzen, kreisförmigen Kanal verwachsen (Fig. 238). Das runde Säckchen bildet sich wahrscheinlich durch lokale Abschnürung aus der allgemeinen Vorhofsanlage. Genau in derselben Weise

Fig. 237.



Kopf eines Hühnerembryo vom dritten Tage, vergr., Chromsäurepräparat. 1. von vorn, 2. von der Seite. *n* Geruchsgrübchen, *l* Linse mit einer runden Oeffnung, durch die ihre Höhle nach aussen mündet, *gl* Augenspalte, die mit der Bildung des Glaskörpers zusammenhängt. *o* Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens, *u* Unterkieferfortsatz desselben, *g* Gehörbläschen durch eine runde Oeffnung nach aussen mündend. Ausserdem sind noch der zweite und dritte Kiemenbogen und in der Fig. 1. auch die Mundspalte sichtbar.

Fig. 238.



Entwicklung des Labyrinthes beim Hühnchen. Senkrechte Querschnitte der Schädelanlage. *l* Labyrinth, *n* Anlage des Labyrinthbläschens. *o* Anlage der Schnecke. *lr* Recessus labyrinthi. *csp* Hinterer Bogengang. *cas* Vorderer Bogengang. *jv* Jugularvene.

auch vom äusseren Keimblatt sich abschnürende Medullarrohr, erhält auch die Labyrinthblase vom mittleren Keimblatt eine bindegewebige und gefässhaltige Hülle und eine festere, knorpelige, später verknöchernde Kapsel. Der mit dem äusseren Labyrinth erfüllte Raum enthält zuerst Gallertgewebe, er kann mit der Lücke zwischen Dura mater verglichen werden (KÖLLIKER).

Die Schnecke, d. h. der eigentliche Schneckenkanal, erscheint (KÖLLIKER) in der ersten Zeit als eine längliche Ausbuchtung der primitiven Labyrinthblase. In seiner noch weichen



Häutiges Labyrinth der Wirbelthiere (WALDKER). mit den halbkreisförmigen Kanälen zeigen sich schon bei der Metakommener Entwicklung. Eine wesentliche Ausbildung des runden Schneckenkanals findet sich erst bei den höheren Wirbelthieren. Bei den Fischen findet sich die erste Andeutung eines Schneckenkanals, das die kleine von BRESCHET Cysticula benannte Ausbuchtung (HASSE) (Fig. 239). Bei den Amphibien finden sich ebenfalls der Abschnitte des Sacculus und zwar, ausser einer der Cysticula entsprechende Verdickungen der Wand mit besonderen Nervenendigungen (DREIER) (Fig. 240), besonders bei den Krokodilen, erheben sich sämtliche Alveolen als kegelförmiger Anhang über das Niveau des Säckchens. Bei den Reptilien vereinigen sich die beiden Säckchen zu einem gemeinsamen Alveus communis, der Schneckenkanal zeigt sich bedeutend verlängert, und man kann an dem Anfangstheil oder die eigentliche Schnecke, und den Flaschenfuss (LAGENA) (WINDISCHMANN), der Cysticula der Amphibien entsprechen. Bei den Vögeln zeigt der Schneckenkanal schon Andeutungen einer spiraligen Aufwicklung mit dem Alveus durch einen engen (manchmal obliterirenden) Kanal. Bei den niedersten Säugern sind die Verhältnisse des inneren Ohres, demnach, das Labyrinth der höheren Säuger entspricht dem des Menschen, das runde als das eirunde Säckchen enthalten Otolithen von konstanter Form und wechselnder Grösse. Bei vielen Teleostiern (GEGENBAUER) ist das Labyrinth mit der Schwimmblase in einer an das mittlere Ohr erinnernden Verbindung. Bei den Cyprinoiden verläuft von jedem der beiden Vorhöfe aus je ein Kanal, die beiden Kanäle vereinigen sich zu einem querverlaufenden Sinus impar mit einander communicirenden Seitenkanälen. Bei den Batrachien findet sich ein häutiges Säckchen (Atrium sinus imparis) zu einer am hinteren Pol gelegenen, durch ein napfförmiges Knochenstückchen theilweise abgetheilten Kapsel. Das Knochenstückchen steht durch Bandmasse mit einer Reihe von Rippen theilweise aus Modifikationen der Rippen hervorgehenden Knochenstäben in Verbindung. Die Kapsel ist an dem vorderen Ende der Schwimmblase befestigt.

zum, welcher in seinem von der Labyrinthwand begrenzten weiteren Theile als Paulie bezeichnet wird, der in die primitive Mundhöhle führenden Abschnitt, welcher sich

Fig. 239



II) Schema des Vogellabyrinthes. *US.* Alveus communis. *C.* Cochlea. *UC.* Anfangstheil der Schnecke. *Cr.* Canalis reuniens. *R.* wie vorhin. III) Schema des Säugethierylabyrinthes. *U.* *S.* *Cr.* wie vorhin. *Aqueductus vestibuli* sich in zwei Schenkel für *Utriculus* und *Sacculus* spaltend. *C. Ductus cochlearis* mit *V.* dem Vorhörsblindsacke und *X.* dem Kuppelblindsacke.

der in die Paukenhöhle ausstülpt, heisst Tuba Eustachii. Während der ersten Entwickelung ist bei allen eine offene, dem Spritzloch entsprechende Kommunikation von aussen gegen. In der Folge bildet sich ein Verschluss der Visceralspalte, welcher (GEGENRAUM) bei den Anuren vollkommen wird; bei den Anuren finden sich dagegen Uebergänge zur Bildung einer Paukenhöhle, die nach aussen von einem Trommelfell abgeschlossen ist. Bei den meisten Reptilien und Vögeln findet sich Paukenhöhle und Trommelfell, letzteres dem Chamaeleon, die Paukenhöhle den Schlangen und Amphibien. Die beiden vereinigen sich bei Krokodilen, Vögeln (und bei Pipa) zu einem einfachen Gange. In dem knöchernen Labyrinth verbindet sich ein Abschnitt des Visceralskelettes: die Knochelchen zu einem eigenen Knochenapparat. Aus dem obersten Abschnitt des ersten Kiemenbogens, aus dem sich auch bei Säugethieren der Steigbügel entwickelt, ist ganz allgemein bei den Wirbelthieren ein in das ovale Fenster durch ein Ringband (Anulus) getrenntes Skeletstückchen. Bei den Urodelen ist es ein plattes Knöchelchen (Columella), das mit dem Palato-Quadratum sich entweder durch ein Band verbindet oder einen stielartigen Fortsatz besitzt. Aehnlich ist es bei den Schlangen (Euryostomata), eben ein Knochenstückchen: Columella zum Quadratbein verläuft. Wo sich ein Stiel findet, setzt sich die Columella mit diesem in Verbindung und erscheint mehr oder weniger innerhalb der Paukenhöhle gelagert. Diese Verbindung tritt zuerst bei den Anuren auf, und in vervollkommener Weise, indem sich die Paukenhöhle ergiebt bei Sauriern, Chelonien und Vögeln. Bei den Schildkröten ist die Columella langes, dünnes Knöchelchen mit einer in das ovale Fenster eingesetzten Fussplatte, zeigt sie gegen ihre Fussplatte zu nur eine Verbreiterung, bei einigen Vögeln (Dromastern) nähert sie sich mehr der Gestalt des Säugethiersteigbügels, indem sie in zwei Theile zerfällt. Bei den Säugethieren verbindet sich die Columella = Staples, Steigbügelknöchelchen direkt mit dem Trommelfell. Die beiden anderen Gehörknöchelchen bilden sich aus Resten des ersten Kiemenbogens (cf. S. 838). Bei den Monotremen und Beuteln

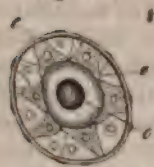


thieren ist die Form des Steigbügels reptilienartig. Der Steigbügel ist unbeweglich mit dem Rande des ovalen Fensters verwachsen (?). bei Wiederkäuern, bei dem amerikanischen Marati, auch bei Crustaceen ist seine Verbindung ausserdem sonst kommen noch eigenthümliche, die Funktion der Gehörknöchelchen, wesentlich beschränkende Verbindungen derselben vor. Bei Echidnae ist der Hammer mit dem Amboss vereinigt, sondern auch der sehr starke und lange Ansatz verschmilzt mit dem Tympanicum.

Das äussere Ohr geht aus den Randbildungen der ersten Kiemenspalte. Amphibien, Reptilien und Vögeln finden sich dem äusseren Ohre der Säuger-Bildungen nur vereinzelt. Bei Krokodilen z. B. deckt eine Hautfalte mit Knorpel das Trommelfell, bei Eulen findet sich eine bewegliche häutige Ohrklappe. tritt ein kurzer, äusserer knöcherner Gehörgang auf. Den Monotremen fehlt das Ohr; bei den im Wasser lebenden Säugethieren zeigt es eine grössere Rückbildung ebenfalls ganz.

Die Gehörorgane wirbelloser Thiere. Bei den Medusen werden stielartige enthaltenden Randbläschen als Gehörorgane angesprochen. Bei den Weichthieren ist das Gehörorgan, so weit es sich hat nachweisen lassen, ganz anders. Bei den sich ziemlich verbreitet Hörorgane, welche aus einer innen nicht sehr mit cilientragenden Zellen ausgekleideten bläschenförmigen Kapsel bestehen, grösserer Otolith oder ein Haufen kleinerer eingeschlossen sind. In einer Beziehung dieser Gehörbläschen zu dem Nervensysteme konstatiert. Die Krustenthierchen fanden oben (S. 833) ihre Besprechung. Hier stehen theils an freien Körperstellen, theils in offenen Hörgruben, theils in Gehörbläschen. Haare erscheinen hier nur als Modifikationen anderer ebenfalls Nervenendigungen. »Haare« des Integuments wie z. B. der »Taststäbchen« (GEGENBAUR, HERBERICH). Das Hörorgan ist das Gehörorgan, so weit es sich hat nachweisen lassen, ganz anders. Im Allgemeinen ist eine Membran »Tympanum« wie bei den Insekten, welche an einem festen Chitining ausgespannt. An ihrer dem Innern des Körpers zugewandten Fläche lagert sich eine Tracheenblase. Auf dieser oder zwischen ihr und der Chitinhaut findet sich eine ganglienartige Nervenansammlung, säulenförmige Stützcylinder. In der Anordnung erscheinen als Nervenendorgane, sie hängen mit dem Ganglion der Chitinhaut zusammen. Die Lage des Gehörorgans ist wechselnd. Bei Acrididen liegt es dicht über der Basis des dritten Fusspaares, bei Locustiden und Achetiden auf der Innenseite der Schienen der beiden Vorderfüsse. An der Wurzel der Hinterflügel der Käfer. Bei den Schwingkolbenbasis der Dipteren finden sich den Gehörorganen zuzurechnen, aber ohne Tympanum, doch mit ähnlichen stützförmigen Nervenendorganen. Bei den Mollusken besteht im Allgemeinen aus einem innern mit Haarzellen besetzten Bläschen, in welchem feste Konkretionen oder krystallinische Gebilde als Otolithen liegen.

Fig. 240.



Hörorgan von Cyelasma.  
a Gehörkapsel, e Wimpertragende Epithelzellen, o Otolith.  
(Nach LEYDIG).

Die Brachiopoden scheinen nur im Larvenzustande Gehörorgane zu besitzen. Das Hörbläschen der Lamellibranchiaten liegt an der Basis des dritten Fusspaares (v. SIEBOLD) (Fig. 240). Analoge verschieden gelagerte Gehörorgane finden sich bei Cephalophoren und Heteropoden. Bei letzteren werden die Epithelzellen durch starre, nur an der Vorsprungskante stehende Hörhaare (?) vertreten, welche sich abwechselnd aufrichtend und liegend legen. Bei den Cephalopoden werden die Formen des Gehörorgans vielfältiger. Bei den Dibranchiaten wird das Bläschen, das die Hörhaare darstellt, von Knorpel umschlossen, bei Dactylobranchiaten durch Ausbuchtungen und Vorsprünge nach hinten. Bei den Mollusken finden sich an zwei Wandstellen sich Hörhaare nachweisen lassen (GEGENBAUR).

## Fünfundzwanzigstes Kapitel.

### Geruchssinn und Geschmackssinn.

#### I. Der Geruchssinn.

##### Das Geruchsorgan.

beiden Sinnesorgane, welche uns noch zu betrachten obliegt, haben einige Aehnlichkeit, als für beide chemische Agentien den normalen Stellen.

specifische Sinnesthätigkeit, welche wir als Riechen bezeichnen, wird durch die Endorgane des N. Olfactorius erregt, welche ihren Reizstand, der in unbekannter Weise nur durch gewisse gasförmige Stoffe hervorgerufen wird, auf die Olfactoriusfasern und von da auf die Centralorgane des Geruchssinns im Gehirn übertragen. Die Erregung dieses letzteren erweckt wiederum die Vorstellung einer Geruchsempfindung, deren Quelle stets nachverlegt wird.

In den obersten Theilen der Schleimhaut der eigentlichen Nasenhöhlen, an welchen sich der Olfactorius verbreitet, stehen in direkter Beziehung zu Geruchsempfindungen. Die übrigen Theile der Nasenhöhlen und ihrer Nebenhöhlen sind als Anhänge und Thore der Respirationsorgane zu betrachten.

Die äussere Haut der Nase, welche sich durch geringe Entwicklung des Knorpels auszeichnet, sowie durch eine sehr feine Epidermis, setzt sich nach unten in die Nasenhöhlen hinein fort, und geht dort allmählich in die eigentliche Schleimhaut der Nase über. Der grösste Theil der inneren Nasenhöhlen wird von der flimmernden Schleimhaut ausgekleidet, nur der Theil, an welchem sich der Olfactorius verbreitet: die eigentliche Geruchsschleimhaut, ist mit nicht flimmerndem Epithel.

Der flimmernde Theil der Schleimhaut besitzt eine grosse Anzahl traubige Schleimdrüsen, sowie eine reichliche Menge von Venen, welche namentlich an dem hinteren Ende der unteren Muschel fast kavernöse Venen bilden (KÖLLIKER). In den Nebenhöhlen der Nase fehlen die Schleimdrüsen fast gänzlich.

Die eigentliche Riechschleimhaut, welche besonders durch M. SCHULTZE bezeichnet worden ist, überkleidet nur den oberen Theil der Nasenscheidewand



und die beiden oberen Nasenmuscheln. Die Färbung, welche gelblich scheidet sie schon für das unbewaffnete Auge von dem flimmernden, schimmerndem Blut mehr röthlich gefärbten Theile der Nasenschleimhaut. Epithel ist an diesen Theilen sehr dick, aber doch ungemein zart und besteht aus einer Schichte langgestreckter Cylinderepithelzellen, welche Ausläufer nach abwärts senden, die an der Schleimhautober-

Fig. 244.



1. Zellen der Regio olfactoria vom Frosche. *a* Eine Epithelialzelle, nach unten in einen ramificirten Fortsatz ausgehend; *b* Riechzellen mit dem absteigenden Faden *d*, dem peripherischen Stäbchen *e* und den langen Flimmerhaaren *c*. 2. Zellen aus der gleichen Gegend vom Menschen. Die Bezeichnung dieselbe; nur kommen auf den Stäbchen (als Artifacts) kurze Aufsätze *e* vor. 3. Nervenfasern des Olfactorius vom Hunde; bei *a* in feinere Fibrillen zerfallend.

derzelle der Riechschleimhaut steht nach BABUCHIN ein Kranz von Rie-

BABUCHIN beschreibt noch andere eigenthümlich gestaltete, den Epithelialzellen ähnliche Zellen in der Riechschleimhaut, die an Nervenendorgane erinnern. Nervenendigungen scheinen ihm vorzukommen, vielleicht die einfach sensiblen Nasenschleimhaut (cf. unten).

Im Tractus olfactorius besitzt der Olfactorius dunkelrandige Nervenfasern. Neben diesen finden sich auch viele Nervenzellen. Die Fasern des Olfactorius unterscheiden sich dagegen auch in ihren Hauptstämmchen von den übrigen Nerven. Die Fasern, aus denen sie bestehen, sind blass, in sehen, körnig, plattgedrückt. M. SCHULTZE hält diese Nervenfasern noch von Fasern zusammengesetzt, welche von einer zarten Scheide zusammen-

gabelförmig gespalten, öfters mit den Nachbarzellen sich vereinigend endigend. Auch ist der untere Fortsatz nicht eigentümlich. Er stellt das untere Ende der Cylinderzelle dar, welches durch ihre Masse eindrückenden Riechzellen die mässige Gestalt erhält. Diese Zellkern, eingebettet in ein Netzwerk, in dem man gelbe oder braune Körnchen eingestreut findet, die der gelben eigenthümlichen Färbung verleihen.

Zwischen diesen Epithelialzellen hat von M. SCHULTZE entdeckte Riechorgane des Olfactorius. Es sind spindelförmige Zellen mit rundem Kernkörperchen ohne farbigen Inhalt. Jede solche Zelle besitzt zwei Ausläufer, der eine etwas dickere zwischen den Zellen nach aufwärts steigt und mit einem Ende an der Oberfläche der Epithelialzelle frei endigt. Bei Vögeln und Amphibien endigt mit Cilien (Riechhaare), welche dem Menschen und den Säugthieren fehlen. Der zweite Fortsatz ist sehr fein, verzweigt sich gegen die Schleimhaut und zeigt röhriche Anschwellungen, wie sie an Nervenfasern als Kunstprodukte zu sehen werden als die feinsten Fasern des Olfactorius bezeichnet, welche also in den beschriebenen Zellen direkt an der Körperoberfläche für gasförmige Reizstoffe endigen. Un-

Die Endäste gehen die breiteren Fasern nach und nach in feinere Fasern über; nach KÖLLIKER spaltet sich schliesslich jede Olfactoriusfaser in ein Bündel feinsten, varicöser, Faserchen, welche die Schleimhaut durchbohren und jedes sich mit einer Riechzelle verbinden. Nach EXNER lösen sich die Äeste des Riechnetzes zwischen dem Bindegewebe der Schleimhaut und der Epithellage in ein Maschenwerk auf, aus welchem Fortsätze sowohl für die Riechzellen als für die Cylinderzellen entspringen sollen.

Dem Menschen finden sich in der Riechschleimhaut noch einfache Riechdrüsen, deren Sekret die Oberfläche stets feucht und dadurch für Geruchseindrücke erhält.

Die übrigen Theile der inneren Nase werden von den Äesten des Riechnetzes (Ethmoidalis, Nasales posteriores, Ast des Dentalis anterior) versehen. Sie senden ihre dunkelrandigen Fasern, die sich dadurch von den blassen Olfactoriusfasern unterscheiden, auch in die eigentliche Riechhaut hinein (KÖLLIKER, M. SCHULTZE).

**Entwicklungsgeschichte.** Die Riechorgane stellen im ersten Stadium ihrer Entwicklung in der 4. Woche des menschlichen Embryonallebens, seichte Grübchen ganz am Kopfe dar (REICHERT, BISCHOFF u. A.), welche sich in der Folge mit der Mundhöhle in einer gemeinsamen Grube vereinigen, welche sich schliesslich wieder in zwei über ein gelegene Abschnitte trennt, von denen der obere zum respiratorischen Abschnitte der Nasenhöhle wird, in welchem aus den primitiven Riechgrübchen das Labyrinth des Geruchsorgans sich bildet (KÖLLIKER). Die Anfangs ganz flachen und kleinen rundlichen Riechgrübchen werden von dem etwas verdickten Hornblatte ausgekleidet. Sie verschmelzen bald und umgeben sich mit einem leicht hervortretenden Rand. Schon am 2. Monat zeigen sich beim Hühnchen, bei welchem die Entwicklung ziemlich genau der beim Menschen beobachteten entspricht (KÖLLIKER), die Riechgrübchen vergrössert und noch weite, ihre Form wird länglich, am unteren schmalen Ende tritt eine Furche (Nasenfurche) in der Wallungrenzung auf, welche das Grübchen mit dem Eingang der primitiven Mundhöhle verbindet, woraus sich durch Vertiefung der Furche eine offene Verbindung der Nasen- mit der ziemlich stark vertieften primitiven Nasenhöhle und primitiven Mundhöhle herausbildet.

Durch Anlagerung des Oberkieferfortsatzes wird die Nasenfurche äusserlich geschlossen und das äussere Nasenloch abgegrenzt, innen bleiben die Nasenfurchen offen und bilden als innere Nasenlöcher in die primitive Mundhöhle. Beim Menschen beginnt Ende des zweiten Monats der Gaumen sich zu bilden, durch welchen die primitive Mundhöhle in den oberen respiratorischen und den unteren digestiven Abschnitt getrennt wird.

Die Ductus nasopalatini sind die, auch beim Embryo engen, Reste der ursprünglichen Verbindung der Mund- und Nasenhöhle. Das Labyrinth des Geruchsorgans entwickelt sich unter Betheiligung des vordersten Schädeldes aus dem Theile des Hornblattes, welches die fötale Riechgrube auskleidet. Die Muscheln erscheinen als knorpelige Fortsätze der Seitentheile der knorpeligen Nase schon im zweiten Monat, im dritten Monat ist das Labyrinth im Wesentlichen ausgeprägt. Nun beginnen auch die Stirnhöhlen und die Nebenhöhlen sich zu entwickeln, indem durch Resorption Lücken im Knochen entstehen, in welche die Schleimhaut sich aussackt. Die äussere Nase wird am Ende des dritten Monats durch Hervorwachsen des vorderen Endes des Nasentheils des Primordialkiefers angelegt, Anfangs ist sie kurz und breit. Die Nasenlöcher sind im dritten Monat noch einem im fünften Monat verschwindenden gallertigen, aus Schleim und abgelösten Epithelien bestehenden Pfropf geschlossen (KÖLLIKER). Der Tractus und Bulbus olfactorius entstehen aus Ausstülpungen der ersten Hirnblase. Von dem Bulbus aus scheinen sich die Nervi olfactorii in das Nasenlabyrinth hinein zu entwickeln.

**Vergleichende Anatomie.** Fast alle Hauptstadien der Nasenbildung des Menschen zeigen gewisse Wirbelthieren bleibend. Die geschlossenen Riechgruben der Fische weichen dem embryonalen Riechgrübchen, Beständig im Wasser lebende Thiere können

Fig. 242.



Flächenansicht der Epithelschicht der Riechgegend nach Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd (Proteus).



aber wohl keine wahren Geruchsempfindungen haben. Bei den Batrachien sind die Geruchsorgane durch kurze Nasengänge vorn in die grosse, der primitiven Embryonen entsprechende Mundhöhle ein. Bei den übrigen Wirbelthieren ist der Gaumen mehr oder weniger entwickelter mit kürzeren oder längeren Nasengängen und einem Labyrinth.

Bei den Leptocarchiern ist die Riechgrube einfach (Monorhina), auch bei den Anura jedoch zu einem Schlauche vertieft, bei Petromyzon endigt derselbe blind, bei den Sauriden steht er mit der Mundhöhle in offener Verbindung. Die übrigen Wirbelthiere besitzen paarige Riechorgane. Bei Selachiern und Chimaeren bleibt die embryonale Rinne stabil, sie verläuft zu den Mundwinkeln, sie ist bei Rochen in einen Kanal umgewandelt. Das oben angegebene Verhalten der Amphibien theilen unter den Dipnoi. Die Ausbreitung und Endigung des Olfactorius findet sich bei Säugern und Menschen nur auf der oberen Nasenmuschel und dem oberen Abschnitt der Nasenwand. In der Regio olfactoria finden sich bei allen Wirbelthieren die olfactorischen Riechzellen, welche man als Endorgane des Olfactorius deutet.

Unter den wirbellosen Thieren treten die ersten sicherer als Riechorgane als mit wimpernden Zellen ausgekleidete, seichtere oder tiefere Gruben, zu denen starke Nerven herantreten, bei den Würmern auf den Seiten liegen sie an den Seiten des Kopftheils, bei den Tunikaten vor der dorsalen Seite des Kiemenbalkens. Bei den Arthropoden liegen die von LEYDIG u. A. beschriebenen Geruchsorgane an den Antennen. Sie bilden bei den Krustaceen feine Anhangsorgane an den inneren Antennen. Auch an den Fühlern (Antennen) der Insekten liegen zere Papillen oder feine Leisten, die man jetzt als Riechstäbchen deutet, während die grubenförmigen Vertiefungen an den Fühlern als Riechorgane aufgefasst werden. Bei den Insekten werden grösstentheils wimpertragende Stellen, zu welchen ein manchmal sehr dicker Nervenfortsatz verläuft, als Geruchsorgane angesprochen. Bei den Cephalopoden finden sich Riechgrübchen oder flache Papillen dicht hinter den Augen liegen, besetzt, es tritt ein Nerve heran, der neben dem Sehnerven entspringt. GROSS und SERNOFF finden sich hier Riechzellen denen der Wirbelthiere ganz analog.

### Die Geruchsempfindungen.

Die Geruchsempfindungen besitzen keine definirbaren Qualitäten, unterscheiden sie ziemlich scharf nach den einzelnen Stoffen, durch welche sie hervorgerufen werden, nach denen wir sie auch bezeichnen. Eine Reihe von Empfindungen, welche durch die Schleimhaut der Nase vermittelt werden, wöhnlich auch zu den Geruchsempfindungen rechnet: der stechende Geruch, sind reine Gemeingefühlsempfindungen, die mit der specifischen Empfindung des Olfactorius Nichts zu schaffen haben. Wir empfinden das stechende Geruch des Ammoniak oder der Essigsäure durch die betreffenden Stoffe an der Bindehaut des Auges als an der Nasenschleimhaut.

Als Grundlage der Geruchsempfindung ist natürlich ein vollkommenes Verhalten der Endorgane des Olfactorius nöthig. Jedermann hat bemerkt, dass eine Störung der Geruchsempfindungen durch leichte katarrhalische Entzündungen der Nasenschleimhaut. WIESEN hat gefunden, dass das Riechvermögen für einige Minuten vollkommen aufgehoben werden kann, wenn wir (auf dem Rücken liegend) unsere Nasenhöhlen mit Wasser füllen. Es ist einleuchtend, dass eine Schwellung der Epithelzellen der Riechschleimhaut störend auf die Kommunikation der riechbaren Substanzen mit den Endigungen der Riechorgane könne.

Geruchsempfindungen kommen nur dann zu Stande, wenn die riechen-  
artigen Stoffe in einem Luftstrom mehr oder weniger rasch in die Nase  
gezogen werden (Spüren der Jagdhunde etc.). Stagnirt eine riechende Luft  
Nasenhöhlen, so haben wir keine Geruchsempfindung, ebenso wenig, wenn  
Luftstrom von der Mundhöhle in die Nase steigt.

Darauf diese merkwürdige Eigenthümlichkeit beruht, von der wir Anwen-  
nachen, wenn wir in einer übelriechenden Luftschichte nur durch den  
athmen, ohne die Nase zu schliessen, wobei wir dann trotzdem, dass die  
mit dem riechenden Gase gefüllt ist, keine Geruchsempfindung haben — ist  
leicht erklärt. Es bricht sich bei dem raschen Einziehen der Luft durch  
die Luft an der unteren Nasenmuschel und steigt wenigstens theilweise  
oberen Regionen der Nasenhöhlen hinauf. Das Fehlen der unteren Nasen-  
soll die Geruchswahrnehmungen sehr bedeutend beeinträchtigen, ja sogar  
en.

Die Intensität der Geruchsempfindungen, welche durch verschiedene Stoffe  
gerufen werden, ist ausserordentlich verschieden. Es steigt die Intensität  
empfindung bei demselben Stoffe, wie sich voraussehen lässt, mit der Menge  
en, die in der in die Nase gezogenen Luft enthalten ist. Nach den Unter-  
gen von VALENTIN riecht eine Luft noch nach Brom, welche in 1 Kubik-  
eter noch  $\frac{1}{300000}$  Mgrmm. Brom enthält. Für Moschus nimmt er als Grenze  
ahrnehmung an, wenn der Nase noch weniger als  $\frac{1}{2000000}$  Mgrmm. eines  
stigen Moschusextraktes dargeboten wird.

Bei der längeren Dauer des Geruchseindrucks ermüdet die Riechschleim-  
schicht und nach; wenn wir uns einige Zeit in einer riechenden Luft aufhalten,  
windet endlich die Geruchswahrnehmung für den beständigen Geruch,  
dass dadurch die Fähigkeit für das Erkennen anderer Gerüche abnimmt.  
ermert uns diese Beobachtung daran, dass die Physiologie in Zukunft auch  
verschiedenen Qualitäten der Riechstoffe eigene Endorgane wird annehmen  
n, wie wir das bei den bisherigen Sinnesapparaten schon für die normalen  
höchst wahrscheinlich gefunden haben. Im Alter atrophirt der Geruchs-  
mehr und mehr und die Feinheit des Sinnes nimmt dadurch ab. Bei vielen  
fehlt das Geruchsvermögen gänzlich (J. L. PARVOST).

Es werden in manchen krankhaften Fällen hie und da subjektive Ge-  
empfundene. Sehr häufig beruhen diese Beobachtungen sicher auf Täu-  
gen durch krankhaft gesteigerte Empfindlichkeit des Geruchsorganes, wel-  
objektiv vorhandene, aber sehr schwache Gerüche noch wahrnimmt. Es  
dagegen auch Fälle berichtet, wo die subjektive Geruchsempfindung ihre  
in einer direkten Reizung des Gehirnes zu haben scheint. Bei einem  
der immer einen üblen Geruch empfunden hatte, fanden CULLERIER und  
ELT, wie J. MÜLLER berichtet, eine Eiterung in der Mitte der Hemisphären  
hirnes. DUBOIS hatte einen Mann gekannt, der nach einem Fall vom Pferde  
re Jahre bis zu seinem Tode einen üblen Geruch zu riechen glaubte (J.  
K.). —

Die Bezeichnung der Gerüche als angenehm oder unangenehm beruht zum  
auf Vorstellungen, die sich an die Geruchsempfindung anschliessen.  
rstellungen wechseln schon mit den physiologischen Körperzuständen;  
ungrigen duftet eine Speise äusserst angenehm in die Nase; dem Gesättigten



erregt derselbe Geruch Widerwillen. Der Geruchsinne ist die Quelle der Menge angenehmer Empfindungen, welche nicht ohne merklichen Einfluss unser geistiges Befinden bleiben. Es ist bekannt wie ungemein verschieden hierin verschiedene Individuen zeigen, sodass die Bezeichnung von angenehmen und unangenehmen Gerüchen fast für jedes Einzelindividuum verschieden ist.

## II. Der Geschmacksinne.

### Schmecken.

Gewisse Substanzen, welche das Gemeinsame haben, dass sie in Wasser und in den Flüssigkeiten der Mundhöhle auflösen können, erregen die Endorgane des Geschmacksnerven, als welcher vor allem der Glossopharynx genannt wird. Die Geschmacksempfindungen sind in ihrer Natur etwas besser einzutheilen als die Geruchsempfindungen. Es giebt da gewisse Qualitäten, welche wir den schmeckbaren Substanzen zuschreiben, die von allen Menschen gleichmässig erkannt werden, was bekanntlich bei den Geruchsempfindungen nur sehr unvollkommen gilt. Man wird allgemein sagen, wenn man von süßem, sauerem, bitterem (alkalischem?) spricht, obwohl diese Qualitäten der Empfindung an sich nicht definiert sind.

Die meisten schmeckenden Substanzen haben keinen einfachen Geschmack, es sind Mischempfindungen der verschiedenen Qualitäten, die wir in anderen Fällen viel schärfer zu trennen vermögen als es bei den Mischempfindungen der übrigen Sinnesorgane der Fall war. Wir schmecken deutlich die verschiedenen Qualitäten, aus denen sich der gemischte Geschmack zusammensetzt, sodass es in diesem Falle kaum zweifelhaft sein kann, dass wir es hier mit einer zeitiger Erregung verschiedener Endorgane zu thun haben, die im Centralorgan des Geschmacksinnes mischt, wie wir das bei den Sinnesempfindungen mit Hülfe des Auges und Ohres wahrscheinlich gefunden haben.

Die gleichzeitigen Empfindungen im Geschmacksinne lassen eine scharfe Erkennung und Trennung zu, dass wir unter Umständen mit der Zuhilfenahme einer genaueren chemischen Analyse von Flüssigkeiten machen können als die gewöhnlichen Methoden der Chemie, welche wägbare Mengen der zu analysierenden Stoffe voraussetzen. Das »Kosten« der Apotheker, Wein- und Obstkosten, ist bekannt, ebenso die Genauigkeit des Resultates, wenn das Geschmacksorgan genügend geübt ist.

Ein Theil der Empfindungen, welche gleichzeitig mit Geschmacksempfindungen entstehen, sind keine Geschmäcke, sondern theils Geruchs- und Gemeingefühlsempfindungen. Der stechende oder zusammenfassende Geschmack gehört der letzteren Art an, die aromatische Geschmacksempfindung ist dem Wesen nach eine Geruchsempfindung, welche sofort verschwindet, wenn man die Eingänge zur Nase verstopft. Manche sogenannte, schwebende Geschmacksempfindungen setzen sich nur aus Tastempfindungen der Zunge und Geruchsempfindungen zusammen.

Die Zungenerven sind bekanntlich drei. Der Bewegung der Zunge sensible Nervus glossus vor, der Zungenast des N. glossopharyngeus ist der Geschmacksnerv, der Zungenast des N. lingualis ist der Geruchsnerv.

den hinteren Abschnitt der Zunge. Die Zungenoberfläche innervirt der Zungenast Lingualis (Trigeminus), ein Theil seiner Fasern stammt vom Facialis (Chorda tympani). Lingualis erscheint als Tastnerve der Zunge, die Fasern der Chorda scheinen den Geschmackssinn der beiden vorderen Drittel der Zunge zu vermitteln. Demnach, dass nach Durchschneidung des Glossopharyngeus nur die Zungenwurzel eine Geschmackslähmung zeigt, dass dagegen Zerstörung der beiden Chordae in der Trommelfellhöhle den Geschmack im Vordertheil der Zunge vernichtet; Reizung der Chordae veranlasst Zungenbewegung. Nach Durchschneidung des Lingualis ist der Tastsinn der Zunge aufgehoben; krankhafte Affektionen der Trigeminuswurzeln sollen nur den Tastsinn, nicht den Geschmackssinn der Zunge alteriren. NEUMANN beobachtete Fälle von Facialislähmung mit Geschmackslähmung verbunden. Nach SCHIFF enthält aber der Lingualis ebenfalls schmeckende Fasern. Die maassgebenden Versuche über die Zungennerven rühren von PANIZZA, T. BIEFFI, LUSSANA, DUCHENNE, STICH u. A. her.

### Das Geschmacksorgan.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass die Mundhöhle der Sitz des Geschmacksorgans ist; doch war bisher noch nicht mit aller Sicherheit entschieden, welche Stellen der Mundhöhle die eigentlich geschmackempfindenden Endorgane sind. Die populäre Anschauung spricht für die Zunge und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung; nach Experimentaluntersuchungen, welche freilich alle an dem Menschen gemacht sind, dass die auf eine Stelle der Mundschleimhaut angebrachten schmeckenden Substanzen leicht sich an jede andere Stelle in der Mundflüssigkeit vertheilen können, wird von einigen Autoren nur der Zungenrücken (BINDER), von anderen auch die Zungenspitze, die Zungenränder, der weiche Gaumen, ja sogar der harte Gaumen angegeben.

NEUMANN hat die elektrische Geschmackserregung durch den konstanten Strom zur Prüfung der Mundtheile auf die Geschmacksfunktionen verworthen. Er brachte die zwei Elektroden sehr nahe an einander, so wiegt stets der saure Geschmack vor. Man kann dadurch die Geschmacksempfindung scharf lokalisieren. Er fand, dass die Zungenspitze, Zungenränder und die Oberfläche der Zungenwurzel bis zu den Papillae circumvallatae mit Geschmack begabt sind (BINDER, STICH, SCHIRMER, DRIELSMAN), dagegen zeigte sich als geschmacklos der Theil der oberen Zungenfläche (cf. unten), die ganze untere Fläche und das Gaumenum. Der schmeckende Rand beträgt mehrere Linien und greift weit über die Ober- als Unterfläche der Zunge über. Schwächere Geschmacksempfindungen vermittelt auch die Vorderfläche des weichen Gaumens, mit Ausnahme der Uvula, etwas stärker der Arcus glossopalatinus.

Die Schleimhaut der Mundhöhle, welche an den Lippen direkt mit der äusseren Haut zusammenhängt, ist ziemlich dick und durch reichliche Gefässverzweigungen stark geröthet. Sie trägt eine ziemliche Anzahl von Papillen, von kegel- oder fadenförmiger Gestalt, die mit der äusseren Haut übereinstimmen, sie enthalten Gefässschlingen wie die Coriumpapillen der Mucosa bilden die Nerven ein weitmaschiges Netz von feinen und feinsten Aestchen, welche an manchen Stellen Nervenfaservertheilungen zeigen. Nur in grossen Papillen können bisher die Nerven verfolgt werden. An den Lippen finden sich zahlreich in den Papillen Endkolben. Das Epithel ist ein geschichtetes Pflasterepithel, dessen äusserste Schicht aus flachen Zellenblättchen aus runden, auf der Schleimhaut aufliegenden Zellen entstehen (dog. der Epidermis der Oberhaut). Die beständig auf das Epithel einwirkenden



äusseren Einflüsse bewirken eine beständige Abstossung der obersten Epithelschicht, eine entsprechende regelmässigen Neubildung der Zellen. So sind also die Zellen, wenn sie schon eine dicke Lage bilden, doch schon ihrer Jugend wegen nicht so dringlich, sodass gelöste Substanzen leicht eindringen, die Nerven streifen und Blutgefässen und Lymphgefässen aufgesaugt werden können.

Der Reichthum an Nerven ist an den verschiedenen Stellen verschieden. So zeichnet sich das Zahnfleisch durch Mangel an Nerven aus, auf dem seine Empfindlichkeit beruht.

Die Zungenschleimhaut weicht auf der oberen Fläche der Zunge sehr ab von der übrigen Schleimhaut des Mundes. Sie ist einerseits sehr fest mit den unterliegenden Muskelfleischen verbunden, andererseits trägt sie eine enorme Anzahl von thümlich gestalteter Hervorragungen, die als Zungenwärtchen oder Papillen bekannt sind.

Auf dem Zungenrücken stehen die 6—12 Wallwärtchen, Papillae circumvallatae, welche jede aus einer den pilzförmigen Papillen ähnlichen, grossen Papille besteht.

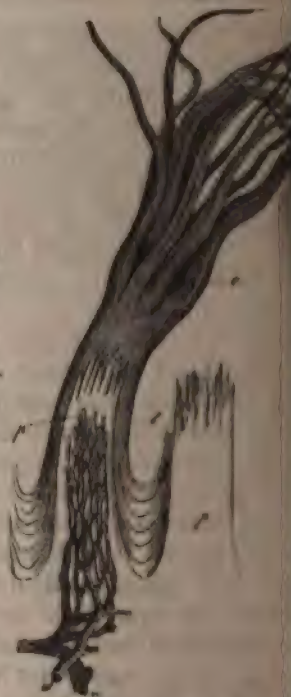
Fig. 243.



Durchschnitt durch eine Papilla circumvallata vom Kalb.  
Zeigt die Vertheilung der Geschmacksknospen. 20x.

Die Wallwärtchen geben von einem niedrigen, sie kreisförmig umschliessenden Walle (Fig. 243). Die Wallwärtchen bilden auf dem Zungenrücken eine V-förmige Figur, indem sie von dem Rande her in einer Linie sich der Mitte des Zungenrückens von vorn nach hinten verlaufend nähern. Die übrigen Papillen der Zunge, die vor den Wallwärtchen stehen, sind ebenfalls ziemlich regelmässig in Reihen angeordnet, die im Allgemeinen der Wallwärtchenreihe gleich verlaufen. An den Zungenrändern werden die Papillen zu blattartig gezackten Falten; auf der Zungenoberfläche unterscheidet man ausser den genannten Wallwärtchen noch zwei weitere Arten von Wärtchen: die fadenförmigen und die pilzförmigen: Papillae filiformes und fungiformes. Die letzteren stehen zerstreut auf der ganzen Zungenoberfläche, besonders häufig an der Zungenspitze, sie ähneln einem Nagel mit dickem Kopfe. Die fadenförmigen Papillen (Fig. 244) füllen die Zwischenräume zwischen den übrigen Wärtchen aus und stehen sehr dicht neben einander, sie laufen fadenförmig auslaufende Enden. Gegen die Zungenränder zu werden sie spärlicher, sodass sie sich den pilzförmigen Warzen in dem Aussehen annähern. Ein waffeltes Auge sieht die fadenförmigen Wärtchen weisslich, während die pilzförmigen Wärtchen dunkler erscheinen.

Fig. 244.



Zwei Papillae filiformes des Mundes.  
Epithel, 350mal vergr. Nach Trautmann.  
Papillen selbst. F. a. Arterioles und V. a. Venen eines Papille sammt den Kapillaren in die sekundären Papillen einströmend.  
Epithelbekleidung. F. Fortsätze.

zuarten röthlich erscheinen. Die fadenförmigen Papillen bestehen aus einem fadenförmigen Schleimhautwärtchen, welches meist noch an seinem oberen Ende feine fadenförmige Wärtchen besitzt, jede mit fadenförmigen verhornten Epithelfortsätzen besetzt.

Die pilzförmigen Papillen sind auf ihrer ganzen Oberfläche mit feinen sekundären Wärtchen besetzt, sie sind von einem weichen Epithellager überzogen und vollkommen verdeckt. Die Wallpapillen tragen dagegen nur auf der platten Oberfläche sekundäre Wärtchen mit ebenfalls weichem Epithel, das an den Seiten der Papille an Mächtigkeit zunimmt. Der Wall ist eine Schleimhauterhebung ebenfalls mit feinen Wärtchen besetzt. Die Verbreitung der Blutgefäße in den Papillen ist der in den Hautpapillen bekannten ähnlich, zu jeder der feinen den grösseren Papillen aufgesetzten Wärtchen erhebt sich eine Capillarschlinge.

Die Endigung der Geschmacksnerven hat in der neuesten Zeit eine Aufklärung erfahren. Die feineren Zweige des Glossopharyngeus, vorwiegend aus dünnen markhaltigen Fasern bestehend, begeben sich zu den Papillae circumvallatae und verbreiten sich in denselben. Im Stamme (REMAK) sowie beim Eintritt in die Papillen zeigen sie mikroskopische Ganglienzellen. Direkt unter der Papille bilden die Nerven ein Geflecht (SCHWALBE), von welchem ein oder mehrere Bündel in die Papille eintreten, wo sie in vielfach sich durchkreuzende, dicken und dunkelrandigen Fasern bestehende, Zweige zerfallen, welche das Epithel zu ausstrahlen. In der Nähe der eigentlichen Geschmacksorgane finden sich nur noch einzelne markhaltige Fasern, sonst nur feine Fibrillenbündel, welche von kernhaltigen Scheide umgeben, welche sich noch weiter in feinere Ästchen zertheilen, aus denen sich noch feine Fäserchen gegen und in das Epithel, zu den Geschmacksorganen erheben, um wohl mit ihren specifischen Elementen in Verbindung zu treten (SCHWALBE).

Nach den übereinstimmenden Angaben von LOVEN, SCHWALBE, WYSS und STANN finden sich die eigentlichen Geschmacksorgane bei dem Menschen und bei Säugethieren in dem geschichteten Pflasterepithel der Papillae circumvallatae in reichlicher, mikroskopische Zellengruppen auf Zweigen des N. Glossopharyngeus sitzend. Man bezeichnet sie als Geschmacksknospen (LOVEN, ENGELMANN) oder Schmecker (SCHWALBE) (Fig. 245). Sie liegen in flaschenförmigen Lücken des Epithelwebes beim Menschen 0,077 bis 0,1 Mm. lang und 0,04 Mm. breit. Die enge Mündung der Flasche: Geschmacksporus (ENGELMANN) 0,0027—0,0045 Millimeter breit (LOVEN). Bei dem Menschen umgeben die Geschmacksknospen vorwiegend die seitlichen Flächen der Papillae circumvallatae oft zu vielen Ketten in einer gürtelförmigen Zone. Auch an der der Papille zugekehrten Seite des Ringwalls, sowie auf den pilzförmigen Papillen finden sich beim Menschen vereinzelt Knospen. Bei dem Schaf berechnet SCHWALBE ihre Zahl in einer Papille auf etwa 480, beim Rind auf 1800, beim Schwein finden sich auf jeder

Fig. 245.



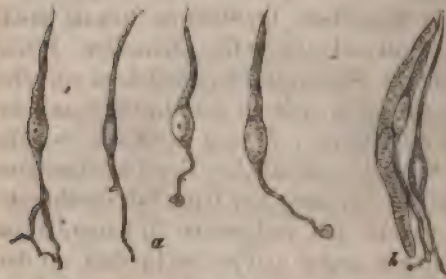
Geschmacksknospen aus dem seitlichen Geschmacksorgan vom Kaninchen. 430/1.



seiner beiden umwallten Papillen etwa 5000, bei dem Menschen die dichtesten.

Der Boden der Knospenhöhle ruht direkt auf dem Boden der Haut, seitlich wird ihre Wand von modificirten und verkitteten Epithel bildet. In diesen Lücken sitzen die Geschmacksknospen selbst, aus den langen, dünnen Zellen bestehend, welche sich wie die Blätter einer einander legen. Man unterscheidet Deckzellen, den Stützzellen ähnlich, Sinnesnervenden analog, welche besonders die äusseren Schichten bilden und die eigentlichen, wie man glaubt, mit den Fasern des Sinnes zusammenhängenden Geschmackszellen. Die ersteren sind lang, dünn, besonders gegen den Porus zu zugespitzt, mit einem ovalen, blasen-

Fig. 246.



Isolirte Geschmackszellen aus den seitlichen Organen des Kaninchens. *a*) Eine Geschmackszelle und zwei Deckzellen im Zusammenhang isolirt. Ebendaher.

Kerne. Die Geschmackszellen bestehen aus dem, ein nussmässig sehr grossen, kernigen Kern einschliessenden Körper, der nach oben mässig breiten, nach unten in einen feineren Fortsatz übergeht. Dieser Fortsatz ist bei Kaninchen cylindrisch, auf dem er sich zu verschmalern beginnt, schräg abgestumpft sitzt senkrecht ein kleiner Stüpfchen auf, das die Öffnung des Geschmacksporus zu sein scheint (ENGELMANN).

Der Fortsatz ist dünner, theilt sich in ziemlich geringer Entfernung von der Basis in zwei Aeste, welche nicht selten erst nach mehrfacher Theilung die Hautoberfläche auf dem Grund des Bechers erreichen. Chemisch untersucht scheinen sie mit den feinsten an die Geschmacksknospen hängenden Glossopharyngeusfibrillen übereinzustimmen, sodass man sie als die Fortsätze mit jenen zu betrachten pflegt, doch scheint der wirkliche Zusammenhang bis jetzt noch nicht festgestellt.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Bei den Säugern ist das Verhalten der Geschmacksknospen im Allgemeinen dem beim Menschen beschriebenen ganz analog. Bei dem Hasen findet sich ausser den Wallpapillen noch ein spezifisches Geschmacksknospenorgan. An jeder Seite der Zungenwurzel liegt nämlich eine grosse, ovale, durch tiefe, parallele Querfurchen in schmale Leisten getheilte Erhabenheit mit tausenden Geschmacksknospen (H. v. Wyss, ENGELMANN). Bei den Fischen nennt man diese Organe Schleimhaut- und im Epithel der äusseren Haut eingelagerten Geschmacksknospen Wesentlichen mit denen der Säuger übereinstimmen (F. E. SCHLIE, 1868). Aus dem Schleimhaut- oder Cutisgewebe erheben sich nervenführende Papillen, auf ihrer etwas ausgehöhlten Endfläche sitzt dann ein schüsselförmiges Organ. Die Deckzellen und Geschmackszellen dieser Organe stimmen bei den Säugern überein. Bei den Fröschen (AYEL KEY, ENGELMANN) sind die Geschmacksknospen nicht schüsselförmig, sondern scheibenförmig gestaltet: Geschmacksknospen auf der Oberfläche einer Papilla fungiformis. Die spezifische Zellengruppe wird als Geschmacksknospe bezeichnet. Als Deckzellen (Stützzellen) fungieren cylindrische Zellen

ANN in eigentliche Cylinderzellen und in Kelchzellen unterscheidet, die Geschmackszellen nach aussen nicht nur einen, sondern mehrere zirkelförmig aus dem Zellentspringende Fortsätze, es sind das die Gabelzellen ENGELMANN'S. Der innere Theil stimmt ziemlich mit dem der Geschmackzellen der Säuger überein.

Wirbellosen, sowie auch bei Vögeln und Reptilien, sind die Geschmacksorgane noch nicht erforscht, ebensowenig bisher die Entwicklungsgeschichte der Geschmacksorgane der Wirbelthiere.

**Empfindung der Zunge.** Das hornige, dicke Epithel der fadenförmigen Papillen macht diese unfähig zu Geschmackswerkzeugen, ja auch Tastempfindungen scheinen sie aus ähnlichen Grunde nur wenig vermitteln zu können. In den beiden anderen Arten von Zungen scheint die Empfindung von Geschmücken und eine scharfe Gemeingefühlsempfindung, wie Temperaturempfindung vereinigt. Die Tastempfindung ist an der Zungenspitze, wo die meisten pilzförmigen Warzen stehen, am feinsten. Aus dieser Vereinigung verschiedener möglichen Empfindungen resultirt die Schwierigkeit, welche es unter Umständen machen kann, die Geschmacksempfindungen von anderen gleichzeitigen sensiblen Eindrücken zu scheiden.

### Geschmacksempfindungen.

Der Vorgang der Geschmacksnervenerregung ist seinem Wesen nach unbekannt. Welche innere Uebereinstimmung haben die gleichschmeckenden Stoffe, Zucker, Glycerin, Glycin, Bleisalze, welche alle süß schmecken? Was hat das bitter schmeckende Chinin mit dem Bittersalz gemein?

Man dachte an elektrische Strömungsvorgänge zwischen der Mundflüssigkeit und einem schmeckbaren Stoff. Es lässt sich nicht leugnen, dass diese Anschauungsweise etwas Verlockendes besitzt, da es einestheils sicher ist, dass zwischen salzigen Mundsaften und den sauren oder auch anderen Flüssigkeiten elektrische Strömungen entstehen, andererseits der elektrische Strom als ein starker Erreger der Geschmacksnerven seit alter Zeit bekannt ist durch die Versuche von VOLTA, PFAFF, RITTER etc.

Liegt die positive Elektrode an der Zungenspitze, die negative an einer anderen Körperstelle an, so tritt ein saurer, im umgekehrten Fall ein laugenartiger Geschmack auf, den elektrolytischen Process an den Elektroden entsprechend. J. ROSENTHAL hat nachgewiesen, dass die elektrische Geschmacksempfindung sauer am positiven, alkalisch am negativen Pole auch bei Anwendung sogenannter unpolarisirbaren Elektroden, wie man hat bei diesen Versuchen an die Abscheidung elektrolytischer Producte an der Grenze ungleichartiger feuchter Leiter zu denken. Als Haupteigenheiten bedürfen, wie schon angegeben, die schmeckbaren Substanzen das Vermögen sich in Wasser oder den Mundflüssigkeiten zu lösen. Auch Gase können in Lösungen gelöst werden und dann geschmeckt werden, z. B. schwefelige Säure. Die Löslichkeit eines Stoffes in Wasser ist aber kein Maass für seine Schmeckbarkeit, manche sehr leicht lösliche Stoffe sind trotzdem wenig, manche andere, wenig löslich, stark schmeckend. Nach VALENTIN'S Versuchen ergiebt sich eine Reihe für verschieden schmeckbare Stoffe, in welcher das folgende Glied noch stärkeren Verdünnung geschmeckt werden kann als das vorhergehende: Zucker, Kochsalz, Aloeextrakt, Chinin, Schwefelsäure. Ähnliche Reihen erhielt CAMMERER.

Nach dem Konzentrationsgrade der gelösten Substanzen wächst für ein und dieselbe die Intensität der durch sie hervorgerufenen Geschmacksempfindung.



Eintritt der Geschmacksempfindung. Am raschesten erfolgt Salziges, dann folgt Süss, Sauer, Bitter (SCHIRMER).

Verschiedene Momente stumpfen die Feinheit des Geschmacks; dazu schon Trockenheit der Zunge, noch mehr entzündliche Schleimhaut; ebenso sehr intensive Geschmackseindrücke, nerven ermüden, auch Kälte und höhere Wärmegrade.

Einige Substanzen hinterlassen nach ihrem Verschlucken den Nachgeschmack, der entweder in restirenden Partikeln der Substanz auf der Zunge oder in Erregung der Geschmacksnerven seinen Grund hat, deren Möglichkeit zunächst nicht in Abrede sein kann, da solche Nachgeschmäcke auch nach dem Verschlucken noch wahrnehmbar sind.

Ausserdem sind bei dem Geschmacke noch andere deutliche Veränderungen zu beobachten, indem das Schmecken einer Substanz den Geschmack einer anderen verändert. Der Geschmack des Käses erhöht den für Milch, und umgekehrt, verdirbt ihn. Nach dem Kauen von Kalmuswurzel schmeckt Milch und Milch säuerlich. Wissenschaftlich ist es noch nicht gelungen, die Harmonien und Dissonanzen der verschiedenen Geschmäcke aufzufassen, hat ihre Harmonielehre der Geschmäcke ebenso praktisch die Malerei und Musik gethan hat. Auch subjektive Geschmäcke kommen vor.

Die verschiedenen Theile der Mundhöhle scheinen eine verschiedene Empfindlichkeit für diese oder jene schmeckende Körper zu haben. So sollen mehr auf den Zungenrücken (bittere Stoffe), andere auf die Zungenspitze wirken. Die Zunge giebt uns durch die Qualitäten ihrer Sinnesempfindungen an bestimmte Punkte der Mundhöhle, die Erforschung noch nicht abgeschlossen ist, doch Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Wahrnehmung.

# Physiologie der nervösen Centralorgane.

## Sechszwanzigstes Kapitel.

### I. Rückenmark und Gehirn.

#### Allgemeine Eigenschaften des Rückenmarkes und Gehirnes.

Physiologie der nervösen Centralorgane: des Rückenmarkes und Gehirnes, hat uns noch eine Reihe von Räthseln zu lösen, auf welche die bisherigen Betrachtungen gestossen sind.

Die seelischen Funktionen bisher aller physiologischen Analyse getrotzt zu werden wir von ihrer Besprechung hier absehen dürfen, da es nicht ohne einer physiologischen Darstellung ist, auf ein Gebiet überzugehen, jetzt fast allein nur mit Spekulation und naturwissenschaftlich ungegründeten Hypothesen gekämpft wird.

Versuche, die höheren seelischen Eigenschaften aus der besonderen Organisation des Gehirnes, aus seinem besonderen Reichthum an tiefen Hirnwindungen, aus der starker Ausbildung einzelner Hirnpartieen (GALL) zu erklären, haben zu keinem naturwissenschaftlich sicheren Resultate geführt. Man ist im Stande, die seelischen Eigenschaften irgendwo zu lokalisiren.

Man steht bei der Frage nach den seelischen Eigenschaften: Vorstellung und Willen, in Räthseln, welche sich noch nicht lösen lassen. Hier kommt sich, sagt man, der Mensch selbst fremd vor. Wir verstehen diese Vorgänge in keiner Weise, wir haben zwar einfache Gesetze, aber diese verhüllen ihre Gemeinsamkeit mit den Gesetzen der übrigen Natur. Der Ausspruch, dass das Gehirn die Quelle der geistigen Thätigkeiten ist, ebenso absondere, wie eine Drüse ihr Sekret und ähnliche, wie die alte Ansicht, dass der hohe Phosphorgehalt die Gehirnssubstanz fähig mache für ihre geistigen Thätigkeiten, sind Einbildungen ohne alle reale Basis. Offenbar ist das Grosshirn der Sitz der psychischen Thätigkeiten. Je mehr sich die geistigen Fähigkeiten in der Thierreihe entwickeln, desto vollkommener ist seine Organisation. Sein Gewicht und die Tiefe und Zahl seiner Windungen und damit die Menge der grauen Substanz nimmt zu. Bei angeborener oder erworbener Degeneration und Entartung des Grosshirns, namentlich seiner Oberfläche findet sich eine Störung der psychischen Thätigkeiten: Blödsinn, Irrsinn. Grosshirnverletzungen bringen oft Bewusstlosigkeit, Sopor, oder abnorme psychische Erregung hervor. Offen Menschen soll, wie vielfach angegeben wird, das Gehirn, nament-



Sprachcentrum der Seele gestört, denn es sind die Fähigkeiten, zu verstehen und zu schreiben, sondern auch die Fähigkeit, sich verständlich zu machen, zurück. Also auch hier sprechen die Thatsachen noch nicht für eine Lokalisation der eigentlichen Functionen. FLOURENS behauptet, dass bei schichtweiser Abtragung der Grosshirnrinde eine fortschreitende Abnahme aller psychischen Thätigkeiten erfolgt (Erfolge der Grosshirnabtragung folgt unten das Nähere). Eine Einteilung bestimmter Geistesfähigkeiten im Gehirn war bisher nicht durchführbar, wir werden sehen, dass sogar die automatischen Centren im Gehirne noch nicht näher lokalisiert werden konnten. Die Forschung noch Alles zu leisten. (Cf. das Nähere in den Leisteskrankheiten.)

Wir verlassen diesen Gegenstand hier und wenden uns zu dem menschlichen Organismus als Bewegungssystem. Wir stehen zu lernen, zurück, von der wir uns bisher haben abgesehen. Bei der Besprechung des Zustandekommens der Muskelbewegung des Körpers mussten wir in letzter Instanz den Antrieb zu den Muskelkontraktionen den Centralorganen zuschreiben. In ihnen ist der Motorapparat gelegen, auf dessen Wirksamwerden jene Aktionen beruhen. Die Centralorgane der Empfindung müssen wir in das Gehirn

#### Die Reflexe.

Die Lehre vom freien Willen setzt voraus, dass der Mensch inneren von den Einflüssen der Aussenwelt unabhängigen Grundgedanken und Willensbestimmungen durch aktive Handlungen, Bewegungen einzuwirken vermag. Die Darstellung passt wohl nur auf eine äusserst geringe Anzahl von Fällen.

Trachtung zeigt sich sogar deutlich, dass zunächst jeder Empfindung eine Gruppe von Bewegungen entspricht, dass sich direkt Empfindung in Bewegung umsetzt, reflektirt. Wir beobachten, dass wir diese Reflexbewegungen zwar durch den Willen unterdrücken können, sehen aber immer und wieder, dass ihr Zustandekommen von unserer Willkür unabhängig ist. Wir können also nicht leugnen, dass ein grosser Theil der scheinbar willkürlichen Bewegungen unseres Organismus mit dem Willen als Bewegungsgrund geschaffen zu haben braucht. Wir sind gewöhnt, aus der Zweckmässigkeit der eingeleiteten Bewegung auf ihre Spontaneität zu schliessen; es ist dieser Schluss un gerechtfertigt. Es zeigt sich, dass alle die Reflexbewegungen, die wir kennen lernen werden, in hohem Maasse die Eigenschaft der Zweckmässigkeit erkennen lassen, sie sind alle auf Abwehr dem Organismus gegen Gefahr oder Schmerz erregender Reize oder auf Erregung von Wollust erregender, schmerzstillender Objekte gerichtet. Wir sehen also überall, dass die Natur den Bestand des Organismus nicht der Willkür des Individuums selbst überlässt, sondern in bestimmten Grenzen ihn zur Selbstbehauptung zwingt. Die betreffenden zweckmässigen, vom direkten Willensantriebe unabhängigen Bewegungen des Organismus sind nur einer der unzähligen Beweise für das allmächtige Walten der Naturkräfte, welches sich in den Einrichtungen der einzelnen Organe ebenso wie in der Verknüpfung derselben zu gemeinschaftlicher Thätigkeit beweist.

Wir können direkt die Frage zu entscheiden, ob im Rückenmark Organe vorhanden sind, welche durch innere, in ihnen selbst gelegene Gründe: Willen, zweckmässige Bewegungen des Körpers einzuleiten vermögen, hat man von jeher Untersuchungen an Thieren angestellt, denen man das Rückenmark unter dem vierten oder fünften Halswirbel durchschnitten hatte. Solche Versuche lassen sich nicht wohl an blutigen Thieren anstellen, da bei ihnen die Lebesenseigenschaften der Organe rasch nach Durchschneidung des Rückenmarkes verschwinden; daher wählte man gewöhnlich kaltblütige Thiere, besonders Frösche verwendet, bei welchen die Organe nach der Rückenmarksdurchschneidung, nach dem Aufhören der Athmung, nach dem vollkommenen Verluste alles Blutes doch noch eine Zeit — Stunden bis Tage lang — ziemlich ungestört funktionieren können. Wenn wir einem Frosche den Kopf ab, so wird dadurch die Bewegungen des Rumpfes durchaus nicht aufgehoben, ein enthaupteter oder enthirnter Frosch unterscheidet sich eher durch grössere als durch geringere Beweglichkeit von einem gesunden. Nach der Enthauptung pflegt sich der Frosch nach einer Zeit wie von einer anfänglichen Betäubung zu erholen, er setzt sich auf dieselbe Weise und wir sehen ihn unter Umständen sogar hüpfen.

Es ist damit bewiesen, dass in dem Rückenmark sich die Organe finden, welche nicht nur die Muskelbewegungen hervorrufen, sondern sie auch in zweckmässigen Bewegungsgruppen vereinigen. Dürfen wir uns aber in dem Rückenmark eine automatische, willkürliche Erregungsursache denken? Es ist eine Frage, ob im Rückenmark ein Theil der Seele enthalten sei, im letzten Sinne die Frage nach der Theilbarkeit der Seele. Die Frage scheint in diesem Sinne nicht werden zu müssen.

Eine genauere Beobachtung des enthirnten Frosches zeigt, dass diese scheinbar willkürlichen Bewegungen trotz ihrer unverkennbaren Zweckmässigkeit in der



dass der Bewegungsantrieb auf die Muskeln zwar von einer gelegenen Ganglienzelle ausgeht, dass diese aber ihren Reizzu selbst producirt habe, sondern dass sie in denselben versetzt die von einem äusseren Reize erzeugte Erregung einer sensiblen Faser entweder direkt in ihr endigt oder ihren Erregungszustand irgendwie auf sie überträgt.

Bei Einwirkung eines schwächeren Reizes sehen wir, dass die Bewegungen auf derselben Seite, auf welcher der Reiz einwirkt, meist als einfache Abwehrbewegung. Es wird zuerst das Glied gesetzt, dessen Haut wir reizen; dann erst bei Verstärkung der Reizung die andere Extremität derselben Seite zu Bewegungen veranlasst. Wird der Reiz noch weiter, so geräth auch die andere Seite in Thätigkeit. Der Rumpf in einen Sturm von Bewegungen hineingerissen ist. Die Reflexkrämpfe, welche in gewissen Zuständen des Organismus schon auf schwächere Reize eintreten, zeigen sich entweder an einzelnen Muskelgruppen oder noch häufiger an allen Muskeln gleichzeitig. Bei Prüfung breitet sich der Reizzustand bei Reflexkrämpfen zunächst auf die Erregung im Rückenmark in demselben Niveau aus, geht also zur gegenüberliegenden Rückenmarksseite über, ehe Fasern in anderen Niveaus des Rückenmarks werden. Zeigt z. B. zuerst die eine der beiden unteren Extremitäten einen Krampf, so folgt nach Prüfung weiter zunächst die gleichnamige Extremität der anderen Seite, dann die obere Extremität auf der Reizseite, dann die gegengesetzten. Jedenfalls sehen wir also, dass von einer Stelle einer sensiblen Nervenfasers aus, der gesamte Bewegungsapparat des Organismus, reflektorisch in Thätigkeit versetzt werden kann. Es ist so zu verstehen, dass Zusammenhänge nicht nur zwischen den Ganglienzellen existiren, sondern dass auch alle Centren des ganzen

Bewegungskraft verbreiten soll, desto grösser muss selbstverständlich ihre sein. Diese ist in gewissen Grenzen eine direkte Funktion der Intensität des äusseren Reizes. Mit seinem Zunehmen wird die Bewegung weiter von dem Centrum entfernt noch stark genug sein, die Bewegungen in anderen Ganglienzellen zu beseitigen. Doch ist auch die Regbarkeit bei verschiedenen Körperzuständen sehr verschieden.

Oben den elektrischen Strom des Rückenmarkes als eine Hemmung der Bewegung der in der Längsrichtung säulenartig von ihm polarisierten Marksmoleküle kennen gelernt, wodurch besonders Bewegungen der Marksmoleküle senkrecht auf die Rückenmarksaxe erschwert werden. Es fällt nicht auffallen, dass wir dieselbe, uns von dorthier schon bekannte Erscheinung wieder auftreten sehen, indem wir die Reflexe erst auf die der Hautstelle entsprechende Körperseite beschränkt finden, zum Zeichen, dass in der Längsrichtung des Rückenmarkes die Bewegungen leichter verlaufen als in der Querrichtung. Bei heftigen Reizen sehen wir auch diese Hemmung wieder.

Im Experiment bekommt ein ganz eigenthümliches Gesicht, wenn wir einen Thierkörper an einer bestimmten Hautstelle reizen und ihm dann die zuerst erregte Extremität abschneiden. Es zeigt sich dann, dass er die anderen Extremitäten zur Fortbewegung benützt. Dieses Experiment macht auf den ersten Blick den Eindruck, als wäre in dem enthirnten Rumpfe wenigstens noch ein Rest des Bewusstseins von dem jeweiligen Körperzustande und den diesem entsprechenden Bedürfnissen. Es werden, wenn die gewohnten natürlichen Bahnen der Reflexe durch die genannte Verstümmelung unmöglich geworden sind, andere Wege eingeschlagen, deren Betreten schliesslich zu dem bewusst angestrebten Ziele führt. Das ganze Räthsel löst sich aber sehr einfach, wenn man bei der Anstellung dieses Experimentes auf die Reizstärke, die man in Anwendung zieht, achtet. Diese scheinbare, zweckmässige Anwendung des am nächsten gelegenen Gliedes reducirt sich auf den schon betrachteten Fall, dass bei einer Verstärkung alle Muskeln endlich durch den Reiz in Thätigkeit versetzt werden. Der Anblick des Experimentes wird nur dadurch verändert, dass wir die Thätigkeit des abgeschnittenen Gliedes nicht bemerken können. Bewegungen an decapitirten oder enthirnten Thieren fehlen übrigens auch bei den Säugethieren nicht, besonders lassen sie sich an ganz jungen Individuen leicht und schön nachweisen. Man kann bei Säugethieren und Menschen auf andere Weise das Gehirn von der Beeinflussung des Rückenmarkes trennen, wie durch Decapitiren. Zum Theil haben wir diesen Zustand im Experiment auch bei dem Menschen beobachtet, wenn der Geist durch vollkommene Konzentration auf einen ihn fesselnden Gegenstand die Umgebung gänzlich vergisst. Wir finden auch bei schlafenden und in der bezeichneten Art geistesabwesenden hypnotisirten Menschen dieselben Experimente mit gleichem Erfolge wiederholen. Wir haben eben bei dem Frosche betrachtet. Wir kommen dadurch zur Ueberzeugung, dass eine grosse Reihe der Bewegungen, die uns selbst zunächst als willkürliche scheinen, z. B. das Kratzen auf Reize der Haut, die Gestikulationen, die wir aus denen man mit Sicherheit auf den Ort des Schmerzes schliessen kann, im Grunde unwillkürlich sind, wahre Reflexe, woher es stammt, dass sie



lichen Fröschen oder Froschstümpfen in der Begattungszeit mitäten mit dem Theil des Rumpfes, an welchem sie an Körper — z. B. Finger — nicht wegstossen, sondern erklammern, in derselben Weise, in welcher das brünstige Ma zu umklammern pflegt. Ich möchte hier daran erinnern, d rung als ein Reflexkrampf der Muskulatur der oberen E werden muss. Bei Fröschen ist z. B. im Strychnintetanus Allgemeinkrämpfen je nach dem Geschlecht die Armbhaltung. Während Weibchen im Krampfe die Arme seitlich und e ausstrecken, werden bei dem Männchen, bei dem d der Arme an Stärke überwiegen, die Arme fest u mengebeugt, die Hände meist gefaltet. Reizt man ein sol in der Krampfpause mit dem Finger an der Brusthaut, so un eintretenden Reflexkrampf regelmässig den Finger. Auch d umklammert auf den entsprechenden Reiz, wenn man ihn u der Umarmung des Weibchens gerissen hat (Goltz) ander haben dabei an eine lokale Erhöhung der Reflexthä mark zu denken, wie sie bei Strychninvergiftung sich allgen

Wir haben im Rückenmark eine grosse Anzahl von Reflex. Eine sehr grosse Anzahl solcher findet sich auch im verlä Gehirne. Sehen wir zuerst nur auf solche Reflexe, welc sprochenen schon in der Erscheinung Verwandtschaft haben, e sensiblen Hautnerven, mögen sie im Gehirne oder Rücken haben, auf ganz gleiche Weise mit motorischen Apparaten braucht hier nur sich zu erinnern an die Gestikulation bei Z ist allbekannt der Augenlidschluss bei Berührung der Binn Das Husten und Niesen sind auch derartige Reflexvorgänge

en reflektorisch erfolgen. Hierher gehört z. B. die Pupillenverengerung der Retina; die reflektorisch eintretenden Bewegungen der Muskeln des Ohres, auf deren Kontraktionen die Stellung der Gehörknöchelchen beruht; die Zungenbewegungen bei lebhaften Geschmacksreizen.

Bei den Sinnesnerven der höheren Sinne sehen wir, dass von einem Reize nicht nur die zunächst gelegenen motorischen Centralapparate erregt werden, sondern, dass bei Verstärkung des Reizes die Gesamtmuskulatur in Bewegung versetzt werden kann.

Bei Untersuchung, was eigentliche, reine, von Vorstellungen ganz unabhängige Reflexe sind, welche durch die höheren Sinnesnerven vermittelt werden, ist sehr vielfältig gestört, dass sich mit Bewegungen, die allem Anscheine nach Reflexe sind, doch, wie wir aus Erfahrungen an uns selbst wissen, Vorstellungen und vielleicht auch Willensantriebe verknüpfen. So wissen wir, dass nicht bei nervös erregbaren Personen vom Optikus, vom Akustikus wie von anderen Sinnesnerven aus Schutzbewegungen, Fluchtversuche etc. an die Gesamtmuskulatur betheiligt, hervorgerufen werden. Das Erregende, welches von allen Sinnesnerven aus erregt werden kann und stets mit tetanischen Muskelzuckungen verbunden ist, hat etwas unwillkürlich und stellt sich sonach in die Reihe der Reflexvorgänge; trotzdem können wir uns zum Erschrecken die Vorstellung des Erschrecklichen zu gehören lassen. Wir Annahme nicht verschliessen, dass wir es hier mit Vorgängen höherer, anderer Art zu thun haben als bei den gewöhnlichen Reflexvorgängen. Es ist, um die Frage, was denn eigentlich an diesen vom Gehirn und den Sinnesnerven aus vermittelten Bewegungen Reflexe seien, die Seele, das Bewusstsein ebenso ausschliessen können, wie wir das bei den Reflexerscheinungen im Thier durch Abschneiden des Gehirnes vermochten. Man könnte hoffen, dass man bei Thieren, denen man das Grosshirn exstirpirte oder an neugeborenen diese Frage lösen zu können, bei denen das Sensorium noch nicht entwickelt ist. Letztere erschrecken wirklich durch Reize von den Sinnesnerven aus ebenso wie Erwachsene.

Der Tastsinn und Temperatursinn ist mit einer Anzahl motorischer Apparate verbunden.

Besonders deutlich ist die Verbindung der Hautnerven mit den Bewegungen der Muskeln für die Athemmuskulatur; das Kind schreit auf Hautreize, ohne zu entscheiden, woher der Reiz kommt. Es schliesst seine Lippen reflektorisch um einen die sensiblen Lippennerven kitzelnd erregenden Reiz, wie eine Brustwarze, Finger etc. worauf Saugbewegungen gemacht werden. Dass die Gesamtmuskulatur mit der Verbindung der sensiblen und motorischen Apparate existirt, ist ersichtlich, dass unter Umständen auf sensible Reize fast alle Muskeln in Bewegung versetzt werden, z. B. bei Leibscherzen, bei welchen die Extremitäten krampfhaft an den Leib angezogen werden, der Rücken gekrümmt, dem Unterleibe genähert wird. Auch von dem Geschmackssinn aus sind schon bei Neugeborenen Reflexe auf die Gesamtmuskulatur erhalten, lebhaft schmeckende Substanzen mit der Zunge in Berührung gekommen, lebhaft genug auftreten, um uns von ihrem Vorhandensein zu überzeugen. Wir können annehmen dürfen, dass das Sensorium schon ein Urtheil über die schmeckende Substanz für den Organismus zu fällen vermag. Wir können mit dem grössten Anspruch auf Wahrheit behaupten, dass die Ent-



Die «enthirnten» Tauben sitzen anfanglich nach-  
da, erholen sich aber nach und nach zu einem Zustande, in  
mit Aufmerksamkeit von gesunden Tauben unterscheiden.  
hirnte Taube schien munter, ging, flog auch zuweilen ohne  
lassung; in die Luft geworfen flog sie bis zu irgend einer  
sich niedersetzte. Sie sah vollkommen gut, die Augen be-  
liess sich nachweisen, dass sie hörte und schmeckte. Sie  
Zupfen am Schnabel nicht nur zu Rückzugsbewegungen,  
Art von Zorn reizen; sie hackte dann mit dem Schnabel, an  
Federn. Merkwürdig erscheint es, dass diese Taube trotz d-  
men normalen Verhaltens niemals von selbst Nahrung und G-  
obwohl sie nach den Erbsen ebenso pickte wie nach anderen  
Steckte man ihr Erbsen in den Schnabel, so schluckte sie.  
ein sicheres Urtheil über ihre Bewegungen; sie stiess an G-  
Wege standen, ging an den Rand des Tisches und wäre hi-  
nicht Gebrauch von ihren Flügeln gemacht hätte; später A-  
nungen weniger mehr beobachtet werden. Das eine der  
eine männliche Taube. Trotzdem dass normaler Samen  
den sehr entwickelten Hoden gebildet wurde, wie die S-  
Täuber doch gegen eine brünstige Taubin ganz gleichgültig  
Thiere. Aeusserungen von Furcht konnten nicht an ihn  
Nachts sass das Thier ruhig, den Kopf unter den Flügeln,  
schien. Vorerst geht aus diesen Experimenten hervor, da-  
zwar alle Sinnesempfindungen noch besitzt, d-  
stellungen mehr durch jene erweckt werden. Die Grö-  
währten sich also als die ausschliesslichen Organe der W-  
Urtheile des Willens; rein organische Verrichtungen und:

besonders nach glänzenden Objekten — Erbsen — erinnert an die der kleinen Kinder und Wilden, die Hand nach allen glänzenden Dingen zu greifen und die ergriffenen zum Munde zu führen, was sich demnach als Reflexbewegung ausweist. Auch schwächere Reize des Akustikus veranlassen ein Nähern des Körpers, wenigstens ein Umdrehen und Nähern des Kopfes zu dem schallenden Körper, ebenso Geruchsreize wie aus der Bewegung des Kopfes und Körpers bei dem »Spüren« ersichtlich ist.

Wir haben also auch diesen grossen Theil der Bewegungen, die wir von unseren Sinnesapparaten aus erregt sehen, zum grossen Theile wenigstens als Reflexvorgänge, vom Willen gänzlich unabhängig, zurückgeführt. Wir stiessen aber auch gleichzeitig auf Thatsachen, die es uns deutlich machten, dass diese Seelenthätigkeiten, Vorstellungen etc. unter normalen Umständen stets mit sich nothwendigen durch Reflexe einzuleitenden Bewegungen verbunden sein können.

Wir dressirten Thiere sehen wir ebenso wie am gebildeten Menschen, dass vor allem in einer Modifikation oder Unterdrückung der Reflexbewegungen besteht. Auch die inneren Empfindungen: Traurigkeit, Furcht, Schmerz, Hunger, Durst besitzen, wenn sie eine bestimmte Höhe erreicht haben, unwillkürliche, reflektorische Stellungen und Bewegungsarten, welche charakteristisch sind und ihre Gegenwart verrathen. Dasselbe ist bei den als Instinkte bezeichneten inneren Empfindungen der Fall, die Unterdrückung oder Beschränkung dieser wie der erstbesprochenen Bewegungen ist eine Folge der äusserlichen Bildung des Menschen.

Wir sehen aber, dass mit dem geselligen Zustande des Menschen neben der Unterdrückung auch ein Hervorbringen neuer Bewegungen auf äussere Reize folgt, von Bewegungen, welche sich in der Art ihres Zustandekommens von den Reflexbewegungen unterscheiden lassen. Wir können derartige Bewegungen erlernte Reflexe nennen zum Unterschied von den bisher besprochenen, die man als angeborene Reflexe bezeichnen kann. Zu den erlernten Reflexen sind die Bewegungen beim Schreiben, Lesen, Musiciren, Tanzen zu rechnen. Wen erinnert nicht das plötzliche Anspringen an den Hut greifen der Unterthanen, wenn sich ein Vorgesetzter naht, die rasche Beugung ihres Rückens an Bewegungen? Dass sie in vielen Fällen unwillkürlich sind, ja gegen den Willen eintreten, ist allbekannt. So sehen wir also, dass wir mit bestimmten sensiblen Eindrücken durch fortgesetzte Uebung ganz bestimmte Bewegungen zu erlernen, die sich in Nichts von den wahren Reflexen unterscheiden. Es ist durch Uebung, dadurch dass eine Nervenirritation von einer Stelle aus **sehr häufig** eine bestimmte Bahn durchläuft, die gerade auf dieser Bahn geringere als auf anderen, sodass die Nervenirritation wenn der Wille als Richtungsmoment ausser Betrachtung ist, stets diese leichtesten Wege einschlägt (S. 648).

Die letzten Betrachtungen müssen uns veranlassen, auch die übrigen uns bisher bekannt gewordenen Reflexbewegungen von diesem Gesichtspunkte des Erlerntseins noch einmal zu betrachten. Schon vorhin wurde es uns aus der Beobachtung des neugeborenen Menschen klar, dass ganz zweifellos die Grundlage der Reflexvorgänge, nämlich die Verbindung aller motorischen und sensiblen Organe unter einander schon von Anfang an existire. Trotzdem sehen wir,



dass beim Neugeborenen ein Theil der Reflexbewegungen noch wenigstens nicht in der zweckmässigen Weise wie später. Ein neugeborenes Kind schreit zwar und kommt schliesslich in starke allgemeine Bewegung, wenn eine Stelle seiner Haut schmerzhaft erregt wird, es gehört aber schon eine gewisse Entwicklung dazu, bis es reflektorisch die Hand z. B. zurückzieht von dem Gegenstand, an dem es sich gebrannt hat; bis es den schmerzenden Gegenstand, den es gefasst hält, fallen lässt; bis es zweckmässige Abwehrbewegungen zu machen im Stande ist. Es hängt dieses offenbar damit zusammen, dass die Fähigkeit der Lokalisierung der Empfindungen auf der Haut eine Erlerungssache ist, so lange diese Fähigkeit noch nicht existirt, kann auch keine zweckmässige Reflexbewegung entstehen. So mag also vielleicht ein Theil der vom Rückenmarke allein nach Abtrennung des Kopfes erzeugten Reflexbewegungen durch Uebung erlernt sein. Doch dürfen wir nicht verkennen, dass wir im Gegensatze zu diesen am Menschen gemachten Beobachtungen bei vielen Thieren, besonders Vögeln, sehr bald nach der Geburt raschende Ausbildung der Reflexbewegungen wahrnehmen: sodass fixe Bahnen für Reflexe in grosser Zahl angeboren zu sein scheint. Es tritt mit der in der Thierreihe fortschreitend erfolgenden höheren Ausbildung der Willensorgane die angeborene Ausbildung der angeborenen Reflexe in dem Willensantrieb wachsenden Spielraum gebend zur Selbsterziehung der Reflexbewegungen.

Die reflektorischen Thätigkeiten haben an anderen Stellen schon öfters Erwähnung gefunden. Man fasst bekanntlich unter den Begriff Reflex nicht nur die Reflexe der Skelettmuskeln zusammen, welche wir bisher allein besprochen. Man denkt auch auf sensible Reizung Reflexerschaffung (?) von Muskeln, Vagus, Beispiele der Reflexerschaffung an, die Entleerung von Koth und Urin, die Sammlung derselben in ihren Behältern, durch plötzliche Erschlaffung der Sphinkteren, Folge momentaner Reizung der Haut, z. B. durch kaltes Wasser. Nach sensiblen Eindrücken sollen auch Spannungen von Skelettmuskeln nachlassen, wenn ein gehaltenes Objekt fallen lässt. Die Erscheinungen lassen übrigens auch eine Erklärung zu. Hier würden sich auch die in der Medicin öfters genannten Reflexhemmungen anschliessen. Auch die Hemmung der Herzbewegung auf Vagusreizung unter als Reflexerschaffung gedeutet. Von der reflektorischen Erregung der Sensennerven war bei der Darstellung der Drüsen thätigkeiten mannichfach die Rede.

### Die Reflexhemmung.

Schon mehrmals haben wir davon gesprochen, dass der Wille Einfluss auf die Reflexbewegungen sei. Es setzt dieser Einfluss eine materielle Verbindung der Centralorgane des Willens sowohl mit allen sensiblen als auch motorischen Centren voraus.

Reflexhemmung vom Gehirn aus. Der Einfluss, den das Gehirn auf die Reflexe ausüben vermag, besteht, ausser der Schöpfung neuer Reflexe durch fortgesetzte Uebung, vor allem in der Unterdrückung und Modifikation der natürlichen Reflexbewegungen. Es ist allem Zweifel überhoben, dass das Gehirn das Centralorgan des Willens anzunehmen sei. Daher sieht man nach Abtrennung des Gehirnes die Reflexe in ganz regelmässiger Weise

Bei dem nicht enthirnten Thiere die Reflexbewegungen willkürlich unter- und durch zweckmässige Spontanbewegungen ersetzt werden können. Man hat schon mehrfach daran gedacht, dass im Gehirne ein eigenes Hemmungsorgan für Reflexe vorhanden sei, welches durch seine Erregung das Zustandekommen der Reflexe verhindern könnte: ein Zwischenorgan, welches man unter normalen Verhältnissen vom Willen aus reflektorisch in Erregung versetzt denken könnte. SETSCHENOW zeigte nun, dass wenn man einen bestimmten Theil des Gehirnes chemisch — z. B. mit Kochsalz — reizt, die Fähigkeit zu Reflexen für das gesamte Thier verschwinde, mit der Entfernung des Reizes wieder zurückkomme. Das Organ, dessen Erregung diese Reflexhemmung verursacht: das Reflexhemmungscentrum, lokalisiert SETSCHENOW in die Lobes des Froschgehirnes (cf. unten). Harnstoff im Blute ist, wie schon erwähnt, ein Reiz für dieses Hemmungscentrum. Bei Anwesenheit von grösseren Mengen von Harnstoff im Blute hören zuerst die Reflexbewegungen auf und nach seiner Entfernung wieder zurück. Auch diese Wirkung lässt sich an der angegebenen Stelle im Froschgehirn lokalisieren (J. RANKE). Analog scheint Morphin zu wirken (SETSCHENOW).

Auch neueren Beobachtungen (GOLTZ, SETSCHENOW u. A.) erfolgt auch bei höheren Thieren durch starke Reizung sensibler Nerven eine Reflexhemmung.

Reflexhemmung im Rückenmark. Wir haben schon gesehen (S. 678 u. 679), dass ein elektrischer, auf das Rückenmark auf- oder absteigend von aussen kommender Strom das Zustandekommen der Reflexe zu hemmen vermag. Die Reflexbewegungen treten immer langsamer ein, je intensiver der Strom wirkt, und bei einer bestimmten Stärke desselben ganz zu verschwinden. Wir müssen das Rückenmark selbst, das stets normal von einem starken elektrischen Strom durchflossen ist, auch in diesem Strome eine Reflexhemmung annehmen, die es erklärt, warum auch bei dem enthirnten Frosche die Zeit einer Reflexbewegung eine bedeutende ist, welche verfliesst zwischen dem Reiz und dem Eintritt der Reflexbewegung. Leider kann man aus der Bestimmung dieser Zeit keinen Schluss ziehen auf die Zeit, welche ein Reiz bedarf, um eine Ganglienzelle zu erregen.

Man kennt zwar die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven, man könnte auch wenigstens annähernd genau die Länge der durchflossenen Nervenstrecken messen und die auf sie treffende Verzögerung des Reizerfolges in Rechnung bringen; es bleibt aber dabei noch eine unbestimmbare Unbekannte, die nicht zu berechnen ist, nämlich die Länge des Weges, den die Nerven-erregung im Rückenmark selbst zu durchlaufen hat.

Unter pathologischen Umständen, bei denen sich eine Verminderung der Intensität des elektrischen das Rückenmark durchfliessenden Stromes ausbildet, sehen wir eine Hemmung der Bewegung in den reflektorischen Centren sehr bedeutend vermindert. Wir sehen auf verhältnissmässig geringe Reize reflektorisch die Gesamtmusculatur eines Thieres in Aktion, Tetanus, gerathen. In dieser Richtung wirkt die Vergiftung mit Strychnin. Bei dem Menschen werden derartige Reflexkrämpfe hervorgerufen durch verhältnissmässig geringe Reize bei sogenannten »nervösen Personen«, deren krankhafter Zustand sich gewöhnlich auf dauernde Störungen der Muskeln und Nerven zurückführen lässt. Wir wissen, dass bei derartigen Leiden die Intensität aller normal im Organismus kreisenden



elektrischen Ströme abnimmt, sodass wir es erklärlich finden, dass das Rückenmark durchfliessende Strom so geschwächt ist, dass er nur zu einer zweckmässigen Reflexhemmung hinreicht. (Im Zustand des Sauerstoffmangels, wenn das Blut mit Sauerstoff übersättigt ist, bleiben die Reflexe unbeeinträchtigt, z. B. bei Sauerstoffinvergiftung aus (ROSENTHAL und LEUBE)).

### Automatische Centren.

Der Grund, warum wir mit solcher Ausführlichkeit die Frage zu Standekommen der Reflexbewegungen behandeln mussten, liegt darin, dass nur dann, wenn wir diese von äusseren Ursachen im Organismus erregbar machen können, wir im Stande sein werden, wahrhaft automatische Bewegungen zu erkennen.

Unsere bisherige Betrachtung hat uns gelehrt, dass jedenfalls die Erregung der Bewegungen des thierischen und menschlichen Leibes, welche in den Anforderungen der Zweckmässigkeit genügen, zu ihrem Zustandekommen eine in dem Organismus selbst entstandene — automatische — Erregung bedürfen. Freilich ist damit noch nicht bewiesen, dass sie eine automatische Willenserregung zu Stande kommen. Unser Bewusstsein lehrt uns, dass wir unter Umständen dieselben Bewegungen willkürlich hervorzubringen vermögen, wie wir unter anderen reflektorisch eintreten sehen. Wir können sicher sein, dass die Erregung durch äussere Reize entstehen kann, auch durch innere Reize, die motorischen Centren erregen, aus deren Thätigkeit die geordnete, zweckmässige Bewegung von Muskelgruppen hervorgeht, die der Wille steuert, kombiniert, die schon durch innere anatomische Verknüpfungen abgelenkt werden, die geringere Widerstände auf gewissen Bahnen der Nervenirritation mit sich zu gleichzeitiger, einer höheren Idee für den Bestand des Organismus verknüpft sind (koordinierte Bewegungen).

Ausser den reflektorischen schreibt man dem Rückenmark automatische Apparate zu. Vom Rückenmark wird normal beständige Kontraktion glatter Muskeln unterhalten und, wie GOLTZ soeben nachgewiesen hat, tonischer Einfluss auf die Aufsaugung vorzüglich aus den Kapillarräumen in das Blutgefässsystem. Auch die Aufsaugung aus Darm und Lungen steht nach ihm unter dem Einfluss des Rückenmarks. Früher wurde der Tonus willkürlicher Muskeln als automatische Wirkung des Rückenmarks angenommen.

Man versteht ursprünglich unter Muskeltonus eine direkt vom Rückenmark angeregte, also aktive, beständige automatische, schwache Kontraktion sämtlicher Skelettmuskeln (JOHANNES MÜLLER). Man darf nicht Tonus nicht verwechseln mit der normalen passiven Spannung des Muskels zwischen seinen Ansätzen (S. 619), welche bei der Muskelkontraktion das Auseinanderweichen der Schnittflächen veranlasst. Die nach einer Lähmung eintretende Verzerrung des Gesichts nach der gesunden Seite beruht ebenso wenig auf Tonus zu beruhen. Nach der Kontraktion der Gesichts- und Halsmuskeln der gesunden Seite reicht die Spannung der dadurch verzogenen Muskeln nicht hin, sie wieder auf ihre frühere Länge auszudehnen. Auch es sich mit den Stellungsveränderungen des Augapfels nach Lähmung

**Muskeln.** HEIDENHAIN'S Versuche sprechen direkt gegen einen automatischen Tonus quergestreifter Muskeln. Er zeigte, dass ein passend gespannter Nervenstrang mit seinem motorischen Nerven noch mit dem Rückenmark zusammenhängt, sich auf eine Durchschneidung des Nerven nicht verlängert. Wenn man den automatischen Tonus leugnet, so ist damit noch nicht ausgeschlossen, dass unter bestimmten Bedingungen vom Rückenmark aus eine unwillkürliche schwache Kontraktion willkürlicher Skelettmuskeln statthat, aber dieselbe ist automatischer, sondern reflektorischer Natur. BRIDGEEST durchschnitten das Rückenmark unter dem verlängerten Mark und dann den Plexus splanchnicus des einen Beines. Das Thier zeigte senkrecht hängend auf der operierten Seite alle Gelenke etwas gebeugt, das ganze Bein etwas angezogen, auf der unoperierten Seite erschienen die Gelenke schlaff. Durchschneidung der hintere (sensiblen) Rückenmarkswurzeln hatten denselben Erfolg wie vollkommene Durchschneidung, sodass es damit sicher gestellt erscheint, dass dem Rückenmark und von da aus den motorischen Nerven der Beugemuskeln von den peripheren Hautnerven aus fortgesetzt ein Reiz zugeleitet wird. Diese Kontraktionen sind also nicht automatisch, sondern reflektorisch.

Der Tonus unwillkürlicher Muskeln wird die normal-dauernde Kontraktion des Dilator pupillae, welche nach Durchschneidung des Halsstammes des Sympathikus aufhört (S. 718), angesprochen. Das automatische Centrum des Tonus: Centrum ciliospinale (BUDGE), sollte im Rückenmark auf der Seite des Halsmarks liegen, weil Lähmungs- und Reizungszustände dieser marksparte den Dilator entsprechend beeinflussen (Pupillenerweiterung bei Lähmung, Verengerung bei Lähmung). Der automatische Charakter dieser Kontraktion ist jedoch nicht sicher gestellt, es sind reflektorische Beeinflussungen ausgeschlossen, und neuere Versuche verlegen das eigentliche Erregungscentrum zu welchem sich das Centrum ciliospinale nur als Zuleitungsorgan verhält, in die Medulla oblongata (SALKOWSKI).

Auch den glatten Muskelfasern der Blutgefäße kann ein beständiger schwacher Kontraktionszustand nicht abgesprochen werden. Er wird direkt durch die Nerven vermittelt, nach deren Durchschneidung die Gefäße sich erweitern. Der Tonus wird vom Rückenmark angeregt, da halbseitige Rückenmarksdurchschneidungen die Arterien halbseitig lähmen. Man nahm für diesen Gefäßtonus automatische Centren im Rückenmark an. Auch hier scheint der Beweis für Automatie nicht erbracht, Reflexe sind nicht ausgeschlossen. GOLTZ hat hingewiesen, dass reflektorisch der Gefäßtonus beeinflusst werden kann, zwar von den Nerven der Baueingeweide (Darm und Magen), durch ihre mechanische oder elektrische Reizung wird der Tonus gelähmt. Andererseits kann man auch den Sitz des eigentlichen Erregungscentrums nun höher in das verlängerte Mark. Auch eine dauernde, leichte Kontraktion glatter Sphinktermuskeln existiert. Füllt man das Rektum mit Flüssigkeit an, so wird, wenn die reflektierenden Nerven intakt sind, erst bei höherem Druck der Sphinkter relaxiert; überwunden als nach Durchschneidung der Nerven (GIANNUZZI u. A.). BRIDGE und GIANNUZZI soll das Centrum dieser tonischen Innervation im Rückenmark liegen (zwischen dem 5. und 6. Lendenwirbel bei Hunden). Ob ein Centrum der vesicae existiert und sein etwaiger tonischer Verschluss sind noch streitig. Die Kontraktion der Harnröhrenmuskulatur scheint nach BUDGE reflektorisch.



Das von GOLTZ entdeckte Phänomen der Beeinflussung des Blutgefäßsystems von Seite des Rückenmarks zeigt sich darin, dass bei nach Abtrennen des Gehirns und bei erhaltenem Rückenmark sehr rasch die Aufsaugung einer in die Lymphräume gebrachten indifferenten Flüssigkeit im Blutgefäßsystem erfolgt; die Resorption bleibt aber aus, sowie das Rückenmark zerstört wurde. Hier ist ein beständiger Einfluss unverkennbar, ob wir aber automatisch oder reflektorisch zu denken haben, ist ebenfalls nicht zu entscheiden, das letztere wird dadurch wahrscheinlicher, weil reflektorisch die Reizung der Hautnerven (der unteren Extremitäten) die Resorption gestalten kann.

Im Rückenmark sind sonach wahre automatische Centren bis jetzt kaum sicher gestellt, die auf ihre Anwesenheit gedeuteten Phänomene man auch als Reflexerscheinungen auffassen. Damit ist jedoch natürlich geschlossen, dass diese Bewegungscentren, welche durch Reflexe leicht erregt werden können, nicht unter Umständen auch aus Ursache eigener selbst entstandener Veränderungen in Thätigkeit verfallen können. Bei zweier anatomisch verschiedener Nervenzellenarten im Rückenmark (den automatischen Funktionen desselben zu sprechen (cf. unten), und die enge Verknüpfung der automatischen Zellen mit dem Fasernetz der Substanz würde auch gelegentliche Reflexe ermöglichen. Alle Vorgänge, welche zu einer Veränderung der chemischen Gewebszusammensetzung führen, schliesslich auch die genannten Centren und bringen Erstickungskrämpfe. Wir sehen diese daher nicht nur auftreten bei allgemeiner Verarmung an Sauerstoff und Ueberladung mit Kohlensäure, sondern auch dann, wenn bei Stagnation des Blutes in den Gehirngefässen durch Verschluss der Arterien oder durch Verblutung diese Veränderung zunächst auf das Gehirn oder die Gehirnsubstanz selbst trifft. Die Krämpfe bei Verblutung benannte man früher als anämische Krämpfe (KUSMAUL und TIERNOT).

Von der *Medulla oblongata*, dem verlängerten Mark, werden eine Reihe von Bewegungen hervorgerufen, welche für die erste Betrachtung den Charakter des automatischen an sich tragen, in Wahrheit aber reflektorisch.

Die Aktionen, welche hier in Betracht gezogen werden müssen, sind allem die rhythmischen Athembewegungen und die Hemmung der Regulirung der Herzbewegung; beide Thätigkeiten haben ihren Sitz im verlängerten Marke. Man hat sie dort näher zu lokalisiren versucht, die rhythmischen Athembewegungen wenigstens ist es auch gelungen, das Athemcentrum, das Centralorganes der Athembewegungen aufzufinden, liegt etwa an der Spitze des *Calamus scriptorius*, an der Ursprungsstelle des *Accessorius*. Seine Zerstörung unterbricht momentan die Athembewegungen, sodass bei warmblütigen Thieren sogleich nach derselben der Tod eintritt (vital, FLOURENS). Von diesem Organe aus werden fortwährend rhythmisch die Athemmuskeln in Thätigkeit versetzt, ohne dass wir von aussen her etwas auffinden könnten, welche die Bewegungen als reflektorisch entstanden betrachten könnte. Auch bei dem Centralorgane der Herzregulirung im verlängerten Marke sehen wir keine äusseren Reize betheiligt. Trotzdem spricht eine Reihe von Thatsachen dafür, dass auch hier Reflexe im Spiele sind.

Das Athemcentrum wird von dem *Vagus* und *Laryngeus* beeinflusst.

SENTHAL) in auffallender Weise beeinflusst. Ja wir sahen schon auf Reizung sen- und Kehlkopfschleimhaut heftige Expirationsbewegungen eintreten, die zweifel als Reflexe gedeutet werden müssen. Plötzlich erfolgende Hautreize giessen mit kaltem Wasser etc. — bewirken reflektorisch Einathembewegungen. Die Durchschneidung des Vagus am Halse bewirkt Verlangsamung der Atmung; Reizung des centralen Vagusstumpfes, der also noch mit dem verlängerten Marke in Verbindung steht, beschleunigt sie dagegen wieder (TRAUBE). Diese Resultate des Experimentes lassen kaum eine andere Deutung zu, als dass von der Medulla oblongata aus durch den Vagus beständig ein Reizzustand dem Noeud vitalis mitgeteilt wird, der seine Ganglienzellen reflektorisch in Erregung versetzt, sodass Einathembewegungen gemacht werden. J. ROSENTHAL fand, dass die Reizung des Laryngeus superior den gegenheiligen Effekt hat, sodass die höchste Intensität seines Reizzustandes Expirationsbewegungen (Husten) erzeugt. Zur Erklärung der Rhythmik der Ein- und Ausathembewegungen lässt sich die Annahme machen, dass das Athemcentrum abwechselnd von den beiden genannten Flexbahnen aus erregt wird.

Bei Verstärkung des Reizes auf das Athemcentrum werden zunächst ausserordentlich auch die accessorischen Athemmuskeln und endlich fast alle Körpermuskeln ergriffen, es treten Erstickungskrämpfe ein, für welche das Athemcentrum also auch im Centrum der willkürlichen Athembewegungen zu liegen scheint. Doch nimmt man vielfach ein besonderes Krampfcentrum in der Medulla oblongata an, und deutet das Auftreten der Erstickungskrämpfe dahin, dass es von dem Athmungscentrum bei Verstärkung des Reizes der Reizzustand der benachbarten Theile der Medulla oblongata und vielleicht sogar des Rückenmarkes fortsetzt, da man dann auch andere nervöse Centren: das Centrum cilio-spinale, das Centrum der Gefässnerven, das Herzhemmungscentrum etc. in den Krampfszustand verfallen sieht. Der Reiz des Athemcentrums und der übrigen genannten Centren beruht, wie gesagt, normal auf einer chemischen Veränderung der Gewebsflüssigkeiten der nervösen Centralorgane (vor allem Verarmung an Sauerstoff und Anhäufung von Kohlensäure, cf. unten).

Auch für die Reflexerregung des Centrums für Regulirung der Atmung sprechen Thatsachen. Es scheint, dass stets von einer Anzahl der Nerven aus reflektorisch Erregungszustände zu dem verlängerten Marke mitgeteilt werden, welche die Herzbewegung verlangsamen. Das Nähere ist bei der Beschreibung der Herznerven schon mitgetheilt. Auch das vasomotorische Centrum scheint in der Medulla zu liegen. Durchschneidung des Halsmarks verengt alle Arterien im Bereiche unterhalb des Schnittes, Reizung der Medulla verengt dagegen die Arterien (cf. oben und bei Gefässnerven). Neben Angeführten liegt auch das eigentliche Bewegungscentrum des Musculus pupillae in dem verlängerten Mark.

In der Medulla oblongata sind auch die Centren der Schlingbewegungen der Kaubewegungen gelegen, welche beide reflektorisch, ersteres durch sensible Nerven, welche in den Gaumenzweigen des Sympathikus liegen (DEKLEER VAN DER KOLK), erregt werden.

Man schliesst auf ihr Vorhandensein daraus, dass sowohl Schlingkrämpfe als Muskelkrämpfe (Trismus) bei Reizzuständen der Medulla oblongata auftreten. Auch ein Centrum für chemische Aktion liegt im verlängerten Marke, das



Centrum für Zuckerbildung in den Organen (Leber), neben anderem, dessen Reizung die Harnsekretion vermehrt. Beide Organe ebenfalls im normalen Zustande reflektorisch erregt zu werden. Nach Exstirpation der Leber erregt die Gehirnverletzung keinen Diabetes mellitus. Nach den Angaben BUTCKE's, dass der Harn normal einen geringen Zuckergehalt erkennen lasse, schien das Centrum der Zuckerbildung beständig in der That thätig zu sein. J. SEEGEN's neue Versuche haben den normalen Zuckergehalt des Harns jedoch nicht bestätigt.

So sehen wir also, dass auch diese scheinbare Automatie der Hirn- und verlängerten Markes bei näherer Betrachtung sich meist auf reflektorische Aktionen zurückführen lässt. Doch haben diese Aktionen immer etwas Besonderes über die vorher besprochenen Reflexbewegungen voraus. Wenn die Erregung, welche den Antriebe verdanken, auch nicht zuerst in den motorischen Centren begonnen hat, so erfolgt dieselbe doch unter normalen Bedingungen in den inneren, nothwendigen Zuständen des Organismus selbst nicht durch Reize, welche von aussen auf denselben einwirken. Wir können diese letzteren als innere Reflexe von den äusseren Reflexen, bei denen der Reiz von aussen, mehr zufälliger ist, unterscheiden.

In dem Mittelhirne, im Kleinhirn und auch noch in der Medulla oblongata scheinen die Coordinationcentren der Bewegung zu liegen, in denen unten noch Näheres folgt. Die Lage des Reflexhemmungscentrums (SETSCHENOW) ist schon oben (S. 865) besprochen.

### Zusammenstellung einiger wichtigen Reflexbewegungen.

Durch Reflexvorrichtungen stehen manche Nerven in sehr enger Beziehung zu anderen.

Der Nervus opticus steht reflektorisch in naher Beziehung zum Nervus motorius, N. facialis und den sensitiven Nasenzweigen des Trigemini. Eine Reizung des Optikus führt zu einer Reflexreizung der Pupillarfasern des III. Nerven, welche die Pupille sich verengern lässt. Nach MUSEL's Versuchen zeigte, dass auf mechanischen Reiz des Optikus die Pupille sich verengert. Eine stärkere Reizung des Optikus führt zu einer Reflexreizung des Trigemini, welche in der Nase, ja sogar Niesen (Trigeminus) hervorruft. Eine direkte Reizung des Optikus zwingt reflektorisch zum Lidschluss der Augen (Facialis) und in der Nase, ja sogar Niesen (Trigeminus).

Der Nervus Trigeminus sensible Zweige reflektiren ihren Erregungszustand auf den Ramus lacrimalis des Augenastes, den Nervus facialis und den Nervus maxillaris.

Die meisten Reflexe vom Nervus vagus ausgehend, sind oben schon beschrieben. Es muss nur an den Reflex auf die Athemorgane erinnert werden. Ein Reiz, welcher auf Kehlkopfreizung eintritt, ist Wirkung des Vagus (Nervi laryngei superiores). Nach Durchschneiden des Vagus (Nervi laryngei superiores) bleibt der Husten aus.

Der Nervus glossopharyngeus steht in reflektorischer Beziehung zu der Speicheldrüse. Seine sensiblen Fasern stehen in Reflexbeziehung zu dem motorischen Nerven des Schluckaktes.

Für die Rückenmarksnerven stellt es sich heraus (HARLESS, E. COWLEY), dass die hinteren Nervenwurzeln, den vorderen reflektorisch, BIZOLD und REISSER, den Erregbarkeitsgrad mitgetheilt wird.

Sehr wichtig ist die Beobachtung SCHULTZ's und LOVÉN's, dass von grossen Rückenmarksnerven aus auf die Wände der Gefässe reflektorisch Reizungen ausgehen.

z. B. von den sensiblen Fasern der oberen Cervikalnerven kann auf die Lumina der Nase des Ohres eingewirkt werden.

Auf dieselbe Weise (Reizung sensitiver Rückenmarksnerven) kann reflektorisch durch Mittelung des Vagus der Herzschlag verlangsamt werden. Nach Vagusdurchschneidung diese Reflexmöglichkeit auf.

Dieselben Nerven können auch die Athemnerven reflektorisch erregen, zu tiefen Inspirationen, wie schon oben erwähnt wurde.

### Koordinirte Bewegungen.

Aus dem, was wir bisher kennen gelernt haben, geht es zur Genüge hervor, vielfältig die Verbindungen der einzelnen Centralorgane des Nervensystemes einander sein müssen, wie verwickelt die Leitungsbahnen, die ein Reiz im Rückenmark und noch mehr im Gehirn zu durchlaufen hat.

Die besprochenen Thatsachen setzen vor allem eine grosse Anzahl von Verknüpfungen zwischen den einzelnen Ganglienzellen — intercentrale Fasern — voraus. Auf ihrer Anwesenheit beruht die Möglichkeit der Reflexe, die uns zu der oben gemachten Annahme zwingen, dass die den Reflexen vorhandenen Ganglienzellen im Rückenmark und Gehirn mit einander in wechselseitiger Verbindung stehen, sodass von einer Reizstelle aus durch verstärkten Reiz auch die Muskeln des ganzen Organismus in Aktion versetzt werden können. Es lässt uns die schon mehrfach besprochene Thatsache, dass auf einen Willens-Reflexreiz meist nicht ein Muskel allein zuckt, sondern eine Kombination von Muskelkontraktionen zu einer für den Organismus zweckmässigen Gruppe von Bewegungen erfolgt, eine nähere Verbindung der motorischen Centren für bestimmte, einzelne Bewegungsgruppen anzunehmen. Man bezeichnet diese zu einem einheitlichen Zwecke für den Organismus gewöhnlich verbunden eintretenden Bewegungen als koordinirte Bewegungen. In welcher Weise wir uns eine nähere Verbindung der Bewegungscentren der einzelnen Muskeln, wodurch koordinirte Aktionen möglich werden, zu denken haben, ist noch nicht völlig klar. Wir haben schon bemerkt, dass sich ein Reizzustand im Rückenmark und wohl auch im Gehirn zuerst und am leichtesten auf die der gereizten zunächst gelegenen Ganglienzellen verbreitet. Wir können uns darnach den Grund der gleichzeitigen Erregung schon in einem Naheliegen der betreffenden Centralorgane bestanden denken. Die Ursachen der koordinirten Bewegungen hängen sicher auf das engste mit den Ursachen der auf einen bestimmten Reiz mit Bestimmtheit eintretenden Reflexbewegungen zusammen. Wir haben dort die Annahme gemacht, dass gewisse Erregungsbahnen, welche oft betreten werden, einen geringeren Widerstand der Erregung darbieten als andere, welche die Erregung bisher selten durchdringt hat. Auch die Koordination gewisser Bewegungen kann sonach erlernt werden, wie sie wird verfeinert oder beschränkt durch Übung.

Wir dürfen nicht glauben, dass ein solches Wegsamwerden gewisser Erregungsbahnen eine Erscheinung wäre, für welche wir nicht Analogieen in anderen Theilen der Physiologie besitzen. Ich erinnere hier daran, dass der gleiche Reiz Muskelnerven bei öfterer Wiederholung den Muskel anfänglich zu immer besseren Leistungen antreibt, sodass offenbar die Hemmung der Bewegung weniger stark ist, wenn die Bewegung schon ein- oder mehrmal eingeleitet war. Die



Hemmung der Bewegung nimmt dadurch, dass sie öfter durchgesetzt anfänglich an Stärke ab; später, wenn wahre Ermüdung eingetreten ist, dagegen wieder zu, bis bei dem Maximum ihrer Intensität jeder Reiz ist, Bewegung auszulösen. Diese Erhöhung der Beweglichkeit der Muskeln, öfteres Einleiten von Bewegungen zeigt sich auch deutlich am Nerven, wie aus der Verstärkung hervorgeht, welche die negative Schwächung des Nervenstromes bei öfterem Tetanisiren anfänglich, ehe Ermüdung eintritt. Es beruhen diese Schwächungen der Bewegungshemmung der Muskeln auf chemischen Veränderungen der Substanz der in Frage kommenden Zellen und ihrer Ausläufer, auf einer Art lokaler Ermüdung, wie man diesen Zustand geschwächter Hemmung nennen könnte. Eine lokale Ermüdung, wie wir sie auch, gekoppelt mit gewisse der Ermüdung entsprechende chemische Alterationen der Gewebe (z. B. Zunahme des Wassergehaltes), in einzelnen im Haushalt des Organismus besonders oft gebrauchten Muskeln — Herz, Athemmuskeln treffen. (Cf. die Besprechung über Ermüdung der Muskeln und Nerven.)

Das Koordinationcentrum der gemeinsamen Bewegungen der Extremitäten liegt beim Frosch in einer höchstens 0,5 Mm. dicken Hirnschicht, die man begrenzen kann durch zwei Schnitte, von denen man den einen zwischen Vierhügel und kleinem Gehirn, den anderen an der unteren Grenze des kleinen Gehirnes führt. Durchschneidet man nur an der Grenze zwischen Vierhügeln und kleinem Gehirn, so fängt der Frosch nach einiger Zeit an zu kriechen an (VOLKMANN), wahrscheinlich in Folge einer Reizung von der Wunde aus. Der tiefer geführte Schnitt hebt diese Fähigkeit der geordneten Ortsbewegung auf. Doch scheinen Koordinationcentren für geordnete Bewegungen des Gesamtkörpers ausser im Kleinhirn auch im Hirnstamm (Bulbus, Pedunculi, Corpus striatum, Sehhügel, Vierhügel) und in der Oblongata zu liegen, da experimentell eingeleitete Verletzungen aller dieser Theile sogenannte Zwangsbewegungen (MAGENDIE, SCHIFF u. A.) hervorzurufen bezeichnet mit diesem Namen verschiedene krampfartige, ungewollte Bewegungen des Körpers oder Versuche zu solchen. Wälz- und Rollbewegungen um die Längsaxe des Körpers; Reitbahnbewegungen, bei denen das verletzte Thier nach Beschreibung einer Kreisbahn den Ausgangspunkt zurückführen. Liegt das Thier auf dem Rücken, so dreht sich wohl auch wie der Zeiger einer Uhr um seine Hinterlinie. Häufiges Vor- und Rückwärtseilen kommt vor. Rollbewegungen, um von der gesunden Seite nach der verletzten, treten ein nach Durchschneiden des mittleren Kleinhirnstiels einer Seite oder eines Seitentheils der Oblongata. Die Bewegung hört auf, wenn eine entsprechende Verletzung auf der anderen Seite angebracht wird. Nach der gesunden Seite erfolgt die Drehung nach der verletzten Seite eines Sehhügels oder Hirnschenkels. Diese letzteren Verletzungen bewirken auch Reitbahnbewegung, welche beim Frosch auch nach der Ausschneidung des Lobus opticus erfolgt. Vorwärtsbewegung tritt beim Kaninchen nach Entfernung der Grosshirnhemisphären beide Streifenhügel ausgeschaltet ein. Exstirpation des Kleinhirnes bewirkt in manchen Fällen Rückwärtsbewegung, in anderen Störung in der Erhaltung des Gleichgewichts (R. WAGNER). Es ist entschieden, ob diese Zwangsbewegungen Folgen der Reizung oder

**Das** Centralorgans der Koordination oder nur bestimmter leitender Organe. Am wahrscheinlichsten erscheint es, dass die Bewegungen in halb-**Halblähmungen** der Muskeln ihren Grund haben, welche die Aktionen der **gesunden** Seite überwiegen lassen, andererseits könnte freilich auch eine **starke** Aktion der kranken Seite durch Ueberreizung angenommen werden. **Es** sind die angeführten Erfolge keineswegs vollkommen konstant. **Bei** den koordinirten Bewegungen stehen die **associirten** Bewegungen, **Bewegungen** und **Mitempfindungen**, welche keine Zweckmässigkeit **zusammenwirkung** erkennen lassen. Die **Mitbewegungen** (z. B. Stirnrunzeln **bei** körperlicher Anstrengung) können durch den Willen unterdrückt werden. **Mitempfindungen**, wie z. B. Kitzel im Kehlkopf bei Reizung des äusseren **Organs** oder umgekehrt, sind vom Willen unabhängig.

### Der Empfindungs- und Bewegungsorgane im Gehirn. Leitungswege der Erregung.

**Die** Leitung der Erregung im Gehirn und namentlich im **Cerebrum** hat man durch vielfältige Versuche, bei welchen man Verletzungen **durch** Durchschneidungen bestimmter Gehirn- und Rückenmarkspartien vornahm **und** hierauf eintretenden Erfolg beobachtete, zu erforschen gesucht. Auch **physiologische** Beobachtungen hat man in dieser Richtung gedeutet. **Es** ist einleuchtend, warum eine vollständige Durchschneidung des Rücken-**markes** die untergelegenen Körperpartien vollkommen für willkürliche **Bewegungen** und Empfindungen lähmt. Die Reflexe in dem abgetrennten Rücken-**mark** bleiben dabei aber bestehen, und zwar zeigt es sich, dass die Reflex-**stärke** in dem von dem Willensorgane abgetrennten Theile des Rückenmarkes **zunächst** anfänglich erhöht ist. Von der direkten Reizung des Rückenmarkes, **Entfernung** seiner Nervenwurzeln, wurde behauptet, dass dadurch weder **Bewegung** noch Empfindung vermittelt werden können. Da man unter allen Um-**ständen** sah, dass diese für direkte Reize unempfindlich scheinenden Rücken-**markspartien** trotzdem die Vorgänge der Empfindung und Bewegung im Nerven **so** schien es nöthig, die Funktionen der Erregbarkeit von der Leitungs-**bahn** für die centralen Nervenfasern zu trennen. Die Nerven, welche moto-**rische** Erregung leiten, aber nicht direkt zu motorischen Effekten durch die äusse-**ren** Nervenreize zu erregen sind, bezeichnete man als **kinesodische**, die sen-**sitiven** Leitungsfasern als **aesthesodische**. Neuere Untersuchungen (Fick und **Andersson**) sprechen aber für eine direkte Reizbarkeit der Vorder- und Hinterstränge. **Die** Erfahrung, dass das Centralorgan der Empfindung, das Gehirn wenig-**stens** an der Oberfläche der grossen Hemisphären unempfindlich sei, ist eines der **neuesten** Vivisektionsergebnisse, welches bei Kopfverletzungen, die das Schädel-**innere** durchdrangen und das Gehirn blosslegten, stets bestätigt werden konnte. **Die** hippokratische Schule liess sich sogar durch den missverstandenen Augen-**schein** an der dem natürlichen Gefühle so naheliegenden Ansicht von der Bedeu-**tung** des Gehirnes — Hauptes — als Centrum der Bewegung und Empfindung, **welche** von den meisten alten Philosophen gelehrt worden war, ganz irre machen. **Man** sah in dem Gehirne Nichts als einen weissen schwammartigen, drüsigen **Körper** — es wird in den hippokratischen Schriften unter den Drüsen ab-



gehandelt —, und glaubte es dazu bestimmt, die Feuchtigkeit des Luf zu ziehen. Wie kann, sagt selbst ARISTOTELES in seinem Buche über die Thiere, das Gehirn der Sitz der empfindenden Seele sein, da es Gemeinschaft hat mit den Theilen, welche empfinden (dies waren theilartigen), und da es selber, wenn es berührt wird, kein Gefühl zeigt, stammt von ARISTOTELES die Angabe, dass der Mensch unter allen grösste Gehirn habe.

Neuere Versuche haben gezeigt, dass nicht alle Theile des empfindlich sind. Legt man einzelne Hirnpartieen bloss und hält man von manchen Schmerzäusserungen, welche auf Anwesenheit vermittelnden Organen oder Leitungsvorrichtungen zu solchen schmerz Schmerz erregt die Reizung des Bodens des vierten Ventrikels, des Marks, der Grosshirnschenkel, der Vierhügel, der zur Brücke gehörend des kleinen Gehirnes. Die Zahl dieser Organe ist vielleicht noch gesammelt, in welchen Gefühlosigkeit angetreten beobachtet worden ist, nach krankhafter Zerstörung der Strahlhügel und der nächst angrenzenden Partieen. — Die Centren der Sensationen sind physiologisch ziemlich unbekannt.

Die physiologischen Centren für die Vermittelung scheinbar verwandter Empfindungen und Bewegungen sind offenbar im Gehirn nachbarliche Leitungswege geknüpft. Die aus der Pathologie bekannten Empfindungslähmungen liefern dafür Beweise. Eine centrale Ursache die Fähigkeit zur Vermittelung des Gemeingefühls Körperseite vernichtet sein, ohne dass das Tastgefühl gelitten hat. Lähmungen hat man von Apoplexien und von Bleilähmungen. Auch in und Chloroformnarkose geht das Gefühl für Schmerz frühzeitig verloren das Tastgefühl. Nach Selbstbeobachtung scheint mir überhaupt die sensiblen Nerven, auf starke Reize zu antworten, in diesem Fall sein, während die Fähigkeit zur Aufnahme schwacher Reize nicht. Nicht nur bleibt das Gefühl für Berührung, sondern auch das Ohr betäubt, schwache Geräusche, schwache Klänge zu vernehmen: das Rauschen, das Klirren der Sperrkette eines vorüberfahrenden Lastwagens genommen.

Die willkürliche, durch Konzentration der Gedanken erfolgende Empfindung, von der oben die Rede war, muss wohl ihr Organ im Gehirn nachempfindungen, Mitempfindungen etc. ebenfalls wenigstens zum Theil beruhen sie sicher auf dauernden Veränderungen der reizenempfindenden peripherischen Organe, die durch den Reiz, dessen Dauer und Intensität Empfindungen in ihrer Stärke und Dauer bedingt, stärker verändert werden ein psychischer Vorgang bei den Nachwirkungen mit im Spiele ist. starken Nachempfindungen hervor, die uns gefährliche oder Ekel erregende Berührungen hinterlassen.

Viele Empfindungen verknüpfen sich mit Bewegungen und durch die beiden kommt uns zur Vorstellung, wie sich z. B. aus der Thätigkeit des Auges vielfältig ergibt, z. B. die Vorstellung der Grösse, Entfernung, gesehenen Objekte. Dasselbe ist, wie wir wissen, bei dem Betasten der Objekte. Diese Beobachtungen sprechen für eine sehr innige Verknüpfung

**Über Centren im Gehirn.** E. H. WEBER hat nach seinen Beobachtungen die Notwendigkeit betont, dass die Centren für den Tastsinn denen für die feine Bewegung der Glieder sehr nahe liegen müssen.

**Leitung im Rückenmarke.** Nach den Beobachtungen von SCHIFF leitet die Substanz des Rückenmarkes sowohl für Empfindung als Bewegung und zwar nach allen Richtungen, sodass partielle Durchschneidungen derselben die Leitung nicht stören. Nach halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarkes tritt das Gefühl auf der gesunden Seite unterhalb des Schnittes ab, auf der durchschnittenen Seite findet sich dagegen unter dem Schnitte sogar eine beträchtliche Steigerung der Empfindlichkeit. Auch die coordinirten Bewegungen und Reflexe scheinen meist nicht wesentlich gestört, manchmal mehr auf der gesunden Seite als auf der durchschnittenen. Man hat aus diesen Beobachtungen eine Kreuzung der Rückenmarksfasern abgeleitet (cf. unten). Gänzliche Durchschneidung der grauen Masse soll die Leitung des Schmerzgefühles aufheben, obwohl die Erregung durch Tastempfindungen noch ungestört fortbesteht. Verschiedene Stränge des Rückenmarkes sind in ihrer Leitungsfähigkeit verschieden. Hinterstränge stehen der sensiblen, die Vorderstränge der motorischen Leitung vor. Das Leitungsvermögen der seitlichen Stränge des Rückenmarkes ist ein besonderes.

Nach den Untersuchungen SETSCHENOW's scheinen wir die Annahme des allseitigen Leitungsvermögens der grauen Substanz wenigstens für das Froschrückenmark modificiren zu müssen. Er zeigte nämlich vor allem, dass der eben angegebene Erfolg der halbseitigen Rückenmarksdurchschneidung am normalen Frosche ganz anders gestaltet am geköpften Thiere, an welchem nach der Theorie die Verhältnisse die gleichen sein sollten. Die Verhältnisse gestalten sich ihm verschieden, je nach dem Orte, an welchem man das Gehirn vom Rückenmarke abtrennt. Schneidet man gleich unterhalb der Rautengrube durch, an der Grenze zwischen verlängertem Marke und Rückenmarke, so verschwindet die Fähigkeit der Reflexverbreitung von der hinteren auf die vordere Extremität, das Rückenmark halbseitig durchschnitten ist, auf der durchschnittenen Seite. Bei Reizung der vorderen Extremitäten kommen sehr häufig auf der durchschnittenen Seite Reflexbewegungen der hinteren Extremitäten zu Stande. Ganz räthselhaft wird dieser Erfolg, wenn man etwa in der Mitte der Rautengrube, etwas höher den köpfenden Schnitt führt. Geht man mit dem Köpfen noch höher zwischen Vierhügel und kleines Gehirn, so hindert die halbseitige Rückenmarksdurchschneidung die allseitige Ausbreitung der Reflexe nicht mehr. umschliessen die zwei Querschnitte, welche das verlängerte Mark und das kleine Gehirn in sich fassen, die unteren Grenzbezirke, wohin die von hinten nach sich fortpflanzende sensitive Erregung bei Fröschen mit halbseitig durchschnittenem Rückenmarke gelangen muss, um von hier aus auf die motorischen Centren aller vier Extremitäten übertragen zu werden.

Es ist dieselbe Hirnschicht, welche auch die Koordinationcentren aller Extremitäten in sich einschliesst (cf. oben). Diese Thatsachen zeigen uns, dass das Zustandekommen der coordinirten Bewegungen Centralorgane erfordert, sodass wir uns denken können, dass durch einen einfachen Willensantrieb das betreffende Organ der Bewegung in Thätigkeit versetzt werden kann, ohne dass willkürlich jeder einzelne der betheiligten Muskeln zur Kontraktion angeregt



Das Gehirn ebenso wichtig sind für die willkürliche Bewegung. Die Bewegungen in Folge der Zerstörung derselben sind stets mit mehr oder weniger ausgesprochenen Bewegungslähmungen derselben Theile des Körpers verknüpft. Die Verletzung einzelner Gehirntheile bei Thieren führen zu den schon erwähnten eigenthümlichen Zwangsbewegungen der verletzten Thiere.

Die oben erwähnte Kreuzung der Rückenmarksnerven stützt sich auf anatomische und physiologische Beobachtungen (cf. unten über den Bau des Rückenmarks). Sie spricht ihr Gesetz folgendermaassen aus: die willkürlich motorischen und bewussten Vorgänge verbleiben während ihres Verlaufs nicht sämmtlich auf der Seite, wo sie erregt wurden, sondern sie überschreiten an irgend welchen Stellen die von hinten durch die Mitte des Rückenmarks gelegt gedachte Ebene (VAN DEEN, SEQUARD, TÜRK, v. BEZOLD u. A.). Die oben angeführten Versuchsergebnisse, dass eine einseitige Rückenmarksdurchschneidung auf der verletzten Seite in Theilen, deren Wurzeln nicht zu nahe am Schnitt entspringen, noch willkürliche Bewegung und Genesung oder nicht beeinträchtigt existiren, beweisen, dass mögliche Leitungswege der Bewegung und Bewegung von der einen Rückenmarkshälfte unter- und oberhalb der einen Schnittwunde auf die verletzte Seite herüberführen. Es kann daraus aber keineswegs behauptet werden, dass alle nervösen Leitungsbahnen im Rückenmark sich kreuzen. Wenn das Rückenmark bei Fröschen der Länge nach theilen, wobei die Commissuren gänzlich zerstört werden, ohne dass merkliche Lähmung der Glieder beobachtet

Offenbar giebt es sonach Leitungsbahnen, welche auf derselben Rückenmarkshälfte von der Peripherie bis zum Gehirn verlaufen, andererseits findet sich Kreuzung eines Theiles der Bahnen, und zwar sowohl in der weissen als in der grauen Substanz, welche, wie man sehen werden, äusserst zahlreiche und verschieden gerichtete nervöse Verbindungen zwischen den Elementen des Rückenmarks herstellt. Damit stimmen auch die Ergebnisse der Reflexversuche gut überein. Der Einfluss der Beobachtungen SETSCHENOW's u. A. auf die Lehre von der Kreuzung der Rückenmarksfasern ergibt sich aus dem oben Gesagten. Die jetzigen Beobachtungen über die Leitungswege im Rückenmark bieten offenbar nur Fragmente des wahren Sachverhaltes dar.

### Chemische Lebensbedingungen der nervösen Centren.

Die nervösen Centralorgane stehen unter denselben Einflüssen chemischer Lebensbedingungen wie die übrigen Organe. Ihre normale Funktionsfähigkeit ist zunächst gebunden an genügende Aufnahme von Sauerstoff und Abfuhr und Neutralisation der Zersetzungsprodukte des Gewebes, vor allem der Kohlensäure und der bei der Thätigkeit der nervösen Organe sich in grösseren Mengen bildenden fixen Säure. Die allgemeineren chemischen Lebensverhältnisse des Nervengewebes haben schon oben S. 406 und 647 Darstellung gefunden. Bei den nervösen automatischen Centren wurde zunächst die Frage aufgeworfen, ob eine innere Veränderung des Gewebes als Reiz für die automatische Erregung anzusehen sei. Diese Frage stiess uns schon mehrmals auf, z. B. bei der Entscheidung darüber, was die Ursache für die Athemcentren, oder für die peripherischen Centren der Darmbewegung anzu sein werden müsse. Gewöhnlich glaubte man bisher, dabei nur die Frage berühren zu müssen, ob die Erregung durch Sauerstoffmangel oder durch Kohlensäureanhäufung im Blute, resp. im Gewebssafte der betreffenden Organe geschehe. Für beide Annahmen lassen sich, wie wir sahen, Gründe darbringen (cf. oben S. 868). Man darf hier nicht vergessen, dass die venöse Veränderung des Blutes wie in anderen Geweben, so im Gehirn nicht nur in einer Verarmung an Sauerstoff und einer Bereicherung an Kohlensäure besteht, es mischen sich auch andere Gewebsschlacken dem Blute bei, die sich theilweise nicht indifferent für die Centralorgane erweisen. Ob die Kohlensäure überhaupt als nervöser Reiz aufgefasst werden darf, machen meine direkt darauf gerichteten Versuche

ziemlich unwahrscheinlich. Kohlensäure scheint nach meinen Beobachtungen das Ammoniak, die einzige direkt im Stoffwechsel entstehende Substanz, welche es centren (Ganglienzellen), als Nervenfasern in ihrer normalen Erregbarkeit herabsetzt und die der ersteren sehr bald vernichtet. Als direkten Reiz wollen wir an andere Stoffwechselprodukte zu denken haben, und es würde schon allein die Thätigkeit in den Centralorganen entstehende fixe Säure als Reiz für Zellen resp. ihre Fasern hingewiesen.

Ich habe einige der gewöhnlichen Stoffwechselprodukte auf ihre Einwirkung auf die nervösen Centralorgane untersucht, und sie lassen ganz eigenthümliche, specifische Wirkungen erkennen. Spritzt man verdünnte Lösungen von Traubenzucker, Harnstoff oder in 0,7% Kochsalzlösung in die Blutgefäße eines lebenden Frosches ein, so zeigt sich keine Veränderung der Erregbarkeit der Nerven und die Muskeln kaum eine Alteration ihrer normalen Leistung. Dasselbe ist von den nervösen Centralorganen bei Einspritzung der Zuckerlösungen. Dagegen zeigen Harnstoff und Hippursäure, aber in verschiedener Weise, die Wirkung auf gewisse nervöse Centren. Bei Einspritzung der Lösungen von Harnstoff und Hippursäure sehen wir bei sonst normalen Froschen die Reflexe verschwinden. So rasch das Rückenmark durch, so kehren die Reflexe für den Rumpf zurück. Bei verschiedenen Durchschneidungsversuchen konnte ich die Wirkung des Harnstoffs als lokalisiert auf das SEITSCHIKOW'sche Reflexhemmungscentrum nachweisen. Spritzt man die Lösung der beiden Stoffe enthirnten Thieren ein, so verhalten sie sich vollkommen indifferent, die Muskel- und Nervenirritabilität, die Reflexe zeigen keine bemerklichen Aenderungen. Hat man dagegen die Einspritzung bei intacten Thieren in die vertheilten nervösen Centralorgane gemacht, so geht, und zwar bei Harnstoff und Hippursäure, die Reizung des Reflexhemmungscentrums in eine Lähmung der Reflexmechanismen des Rückenmarks über, sodass dann nach Durchschneiden des Rückenmarks die Reflexe nicht wieder eintreten, obwohl Muskeln und Nerven des Rückenmarks auf mechanischen Reiz noch vollkommen erregbar bleiben. Bei der Hippursäure auch eine direkte Einwirkung auf die Reflexmechanismen des Rückenmarks; sie hebt die durch eine vorausgegangene sensible Einwirkung in der peripheren gesetzte Reflexreizung auf, ohne ihre Reflexerregbarkeit selbst merklich zu vermindern.

Kalisalze, Kohlensäure (?), gallensaueres Natron wirken, wie es scheint, direkt auf das Reflexhemmungscentrum, führen aber sehr rasch eine Lähmung der peripherischen Reflexmechanismen und des ganzen Rückenmarks herbei, wie bei der Hippursäure, und die Erregbarkeit herabsetzend auch auf die peripherischen Nerven und Muskeln.

Die Reihe der untersuchten Stoffe ist noch gering, doch geht schon aus den beobachteten Wirkungen derselben hervor, dass der Organismus sich selbst in verschiedenster Art producirt, dass eine Reihe von Lebenserscheinungen, eine Reihe von Aenderungen der Funktionen, z. B. von Hemmungsvorrichtungen auch der Centralorgane, auf einfachen, chemischen Veränderungen des Inhalts ihrer Zellen beruht. In dieser würdigen Weise verhalten sich Stoffe (z. B. Harnstoff, Hippursäure) gegen ein Organ, indifferent, mit Ausnahme einer einzigen Zellengruppe im Gehirn (Reflexhemmungscentrum), von wo aus sie aber ihre Einwirkung auch auf andere Organe (z. B. peripherische Reflexmechanismen) entfalten können. Eine chemische Ursache, die nur auf ein Organ einwirkt, kann somit der Grund für Umänderungen der Lebenserscheinungen in der Reihe anderer Organe werden.

Ueber den Wechsel der chemischen Vorgänge in den nervösen Centralorganen bei Ruhe und Thätigkeit liegen bis jetzt zwei bemerkenswerthe Beobachtungen vor. Bei andauerndem Reizungszustande nehmen dieselben eine saure Beschaffenheit an, während sie im Zustande der Ruhe neutral (schwach alkalisch) sind (FUNK, J. RANKE). Weiter beobachtete ich, dass bei Froschen durch andauernde Thätigkeit der Gesamtwassergehalt der nervösen Centralorgane abnimmt. Der Grund liegt darin, dass normal wenigstens die graue Nervenmasse wasserreicher ist als die weisse.



**N**ach durch die bei der Thätigkeit des Organes sich ausbildende saure Reaktion das Osmosevermögen der grauen Masse gesteigert (S. 447), so dringen aus dem konzentrierteren nach dem Gesetz der Osmose feste Stoffe in die graue Substanz ein und man beobachtet eine annähernde Ausgleichung im Wassergehalt zwischen Blut und grauer Gehirnmasse. Bei den Diffusionsvorgängen wechseln vor allem die krystallisirbaren Substanzen organischer und anorganischer Natur ihren Ort; es müssen also aus dem Blute vor allem krystallisirbaren Zersetzungsprodukte der Gewebe in die graue Gehirnmasse eindringen, welche hier die ihnen zukommenden, zum Theil oben beschriebenen, Wirkungen entfalten.

Bei einem krankhaften (im Fieber) oder durch übermässiges Essen oder aufreibende Thätigkeit vermehrten Gehalte des Blutes an Harnstoff, Hippursäure, gallensauren Stoffen (Icterus) und vor allem an Kohlensäure und phosphorsaurem Kali, einem Hauptwechselprodukt der Gewebe, werden diese Stoffe ihre physiologische Wirkung auf die nervösen Centralorgane entfalten müssen. Die bei den genannten Zuständen bekannten Alterationen in der Funktion nervöser Centralorgane erklären sich schon jetzt zum Theil aus der Anwesenheit dieser Stoffe in den nervösen Geweben. Die krankhaften Erregbarkeitsänderungen der nervösen Centralorgane im Allgemeinen erklären sich zum Theil wie die physiologischen theils aus dem Auftreten einer fixen Säure, welche in geringen Dosen die Erregbarkeit vermehrt (auch durch Einwirkung auf die elektromotorischen Elemente der betreffenden Gewebe (S. 863)), bei gesteigerter Anhäufung aber lähmend wirkt. Jede Veränderung des Wassergehaltes, sowohl Ab- als Zunahme, jede mechanische oder chemische Alteration wirken ganz in dem gleichen Sinne, erhöhen die Erregbarkeit und schwächen, resp. vernichten sie in der Folge. Der ärztlichen Forschung steht zur näheren Feststellung dieser Verhältnisse noch ein reiches Gebiet der Forschung offen.

**II**er sind noch die Cirkulationsverhältnisse der nervösen Centralorgane, namentlich des Gehirns, zu erwähnen. Die normale Thätigkeit dieser Organe ist, wie wir sahen, von dem normalen Fortgang der Cirkulation des Blutes in ihnen in hohem Masse abhängig. Die Folgen der Anämie, der venösen Stauung im Gehirn wurden oben angedeutet; gegen jede Veränderung des Blutdrucks, sowohl Ab- als Zunahme (Hyperämie), ist das Gehirn empfindlich. Die Vorrichtungen vorhanden, den Blutdruck im Gehirn und Rückenmark möglichst konstant zu erhalten. Der Circulus Willisii schützt, indem sich in ihm die vier Hirnarterien verbinden, das Gehirn vor plötzlicher Unterbrechung oder Schwächung der Cirkulation, z. B. durch Kompression oder Verschluss eines der zuführenden Gefässe. Die Schilddrüse stellt (LIEBERMEISTER) ein Blutreservoir dar, welches Blutdruckveränderungen im Gehirn verhindert, welche vor allem beim Aufrichten aus horizontaler Lage eintreten könnten und bei sehr raschen Stellungsveränderungen auch trotzdem eintreten. Sie wirkt dabei auch als selbststeuerndes Ventil für die Blutzufuhr; indem sie bei vermehrter Blutkongestion gegen den Kopf anschwillt, komprimirt sie mehr und mehr die Carotiden, und kann sie unter Umständen, z. B. bei sehr gesteigerter Muskelanstrengung sogar die Cirkulation machen (GUYON, MAIGNEN). Den gewöhnlichen vom Herzen und der Athmung ausgehenden Druckschwankungen scheinen die Gehirngefässe der Erwachsenen normal nicht folgen zu können. Ihnen entsprechend sehen wir aber das bekannte Pulsiren des Gehirns bei Kindern mit offenen Fontanellen, dasselbe tritt nach Abfluss der Cerebrospinalflüssigkeit oder Trepanation des Schädels bei Erwachsenen ein. Das Gehirn füllt mit der Cerebrospinalflüssigkeit die Schädelkapsel vollkommen aus, sodass, da diese Substanzen so inkompressibel sind, normal keine Bewegungen möglich scheinen.

**III**af. — In den physischen Centralorganen bildet sich durch Uebermüdung endlich unumkehrbar der Zustand des Schlafes aus, durch ein Aufhören oder eine sehr bedeutende Minderung der Seelenaktionen charakterisirt. Die letzte Ursache des Schlafes ist noch unbekannt. Man spricht gewöhnlich von einer stärkeren Venosität des Blutes. Dass das Blut mit chemischen Einwirkungen zu thun haben, beweist, wie es scheint, der Eintritt

des Schlafes bei künstlicher chemischer Veränderung des Blutes, z. B. durch Alkoholeinführung. Automatische und reflektorische Thätigkeiten haben in dem Fortgang. Der Stoffwechsel scheint etwas vermindert.

### Die Nerven und der Bau der nervösen Centralorgane.

Wir haben bisher das mitgeteilt, was wir durch das physiologische Experiment über die nervösen Centralorgane erfahren haben. Wir haben jetzt die wichtige Frage aufzuwerfen und uns zu beantworten, inwiefern die Forschung die physiologischen Resultate ergänzt oder bestätigt. Wir müssen zunächst zu bekennen, dass über die Struktur der Nervencentralorgane fragmentarische Ergebnisse gewonnen werden konnten. In Bezug auf anatomische Einzelheiten, besonders des Gehirns muss auf die Lehrbücher der Anatomie (MEYNERT) verwiesen werden. Die physiologisch-anatomischen Forschungen über den Zusammenhang der Nervenfasern und Ganglienzellen, sowie über den Faserverlauf im Rückenmark, welche in der neuen Zeit bedeutende Fortschritte aufweisen, werden wir dagegen hier eingehender zu besprechen haben.

**Neuroglia.** In den nervösen Centralorganen werden die Nervenfasern getragen durch eine zarte, spongiöse Bindesubstanz. In Bezug auf den Bau der Bindesubstanz in den nervösen Centralorganen ist darum so viele Fragen über den Bau des Rückenmarkes zuerst die Vorfrage gelöst, was ist in den nervösen Centralorganen als eigentlich nervös anzusehen? Das Bindegewebe der weissen Substanz des Rückenmarkes (GERLACH) haben wir uns als ein spongiöses Netzwerk breiterer und feinerer Maschen zu denken, in dessen Maschen die Nervenfasern eingelagert sind. Diese Maschen hängen mit einer die weisse Masse des Rückenmarks umlagernden Bindegewebsschichte, Rindenschichte (BINDER) mit meist cirkulär verlaufenden Fasern zusammen, welche auch, aber ziemlich locker, mit der Pia mater verbunden sind. Die Rindenschichte, sowie die Mitte der von derselben abgehenden Fasern bilden den Bau eines zarten, gewöhnlichen fibrillären Bindegewebes, einzelne Nervenfasern finden sich eingelagert, sowie zellige Elemente mit deutlichen Zellkernen zuweilen verzweigten Ausläufern. An den äusseren Grenzen der weissen Substanz in unmittelbarer Nähe der spongiösen Lücken findet sich eine feinkörnige, structurlose Substanz, modificirtes Bindegewebe, welche wir nach WALTHER als Balkennetz bezeichnen, welches die in den Lücken des Balkennetzes meist vertikal verlaufenden Nervenfasern einschließt und dieselben gleichsam mit Scheiden umgiebt. In der weissen Substanz verlaufen nach allen Richtungen ausserordentlich feine elastische Fasern, welche sich netzartig durch einander schieben. Auch diese Neuroglia schliesst Zellen ein, die an verschiedenen Stellen verschlossen liegen. Sie zeigen alle Uebergänge von festen protoplasmalosen Zellen bis zu reichlich verästelten Bindegewebszellen. Die Hinterstränge des Rückenmarkes sind etwas reicher an Bindegewebe als die sich hierin ziemlich gleich verlaufenden Vorder- und Seitenstränge, welche letztere nur da, wo sie an die graue Substanz angrenzen, etwas mehr davon erkennen lassen. Die Neuroglia des Rückenmarkes hängt mit der der weissen Substanz kontinuierlich zusammen und zeigt im Allgemeinen das zuletzt zweitgeschilderte Verhalten. Die Zellen ihrer Zellen sollen mit fadenförmigen Ausläufern der Epithelzellen der



**zusammenhängen** (BIDDER, KUPFER, CLARKE u. A.). Auch im Gehirn zeigt **desubstanzgerüste** eine analoge Anordnung und Bau wie im Rückenmark. **gestellten Zellen** der Binde substanz der nervösen Centralorgane haben oft **ssung** zu Verwechslungen mit Nervenzellen gegeben.

**ch O. DEITERS** wären nur diejenigen Zellen als eigentlich nervös anzusehen, **mit unzweifelhaften Nervenfasern zusammenhängen**. Doch neigt sich **DEITERS** zu, die bindegewebigen Elemente nicht so absolut von den nervösen zu **te**, als wäre dadurch, dass man ein Gebilde für Binde substanz erklärt, sein **der Zusammenhang** mit den nervösen Funktionen des Organes schon abge- **en**. Erinnern wir uns nur daran, dass bei den äusseren Sinnesapparaten **Endorgane der Nerven Gebilde finden**, welche wie die Stäbchen und **der Retina**, die CORTI'schen Fasern der Schnecke auch als offenbar nicht **nervöser Natur betrachtet werden müssen**. Die Untersuchungen der Binde- **sz** der Centralorgane ist noch zu wenig vollständig, als dass wir schon **mit aller Sicherheit die vollkommene Abwesenheit ähnlicher**, in ihnen ge- **en**, innerer centraler Sinnesapparate behaupten könnten.

die Neuroglia sind die unzweifelhaft nervösen Elemente der Centralorgane **gert**, die Nervenfasern und Nervenzellen.

**e Nervenfasern**. Die einfachste Form aller im Organismus sich findenden **fasern** (M. SCHULTZE) stellen die Nerven primitiv fibrillen dar, es sind **messbar feine Fäserchen**, welche massenhaft in den Centralorganen und in **he** der peripherischen Enden der Nerven vorkommen, eine innere Struktur **ihnen** nicht mehr nachzuweisen, sie gehen direkt aus dickeren Nervenfasern **en**. In den Centralorganen findet sich sehr verbreitet eine zweite Faserart, **ich** sich von der ersten wesentlich durch grössere Dicke unterscheidet: die **nn**ten nackten Axencylinder, nach M. SCHULTZE: Primitiv fibrillen- **ndel**. Chemisch weisen sie einen Gehalt an Eiweissstoffen auf, mikro- **ch** eine Zusammensetzung aus Primitiv fibrillen, verbunden durch eine  **Zwischenmaterie**. Am deutlichsten zeigt sich diese Struktur an den dicken **ilten** Fortsätzen grösserer centraler Ganglienzellen und an deren Axen- **erfortsätzen**. Sowohl die einzelnen Primitiv fibrillen, wie die Fibrillenbün- **nnen** eine Markscheide auf ihrer Oberfläche erhalten (S. 37), wodurch wieder **ormen**, sogenannte dunkelrandige Nerven, gebildet werden. Das **en mark**, im Leben homogen und fast flüssig, gerinnt nach dem Tode zu einer **trüben Masse**. Den centralen Nervenfasern ersetzt die Neuroglia (GERLACH) **angel** einer gesonderten Hülle, bei den markhaltigen Nervenfasern der peri- **ichen** Nerven findet sich dagegen, mit einziger Ausnahme vielleicht des Ner- **ticus** und acusticus, ausserhalb der Markscheide noch eine bindegewebige **die SCHWANN'sche Scheide**, das Neurilemma, entweder strukturlos, **gelagerten Kernen**, dem Sarcolemma der Muskelfasern entsprechend, oder **ihren** Schichten faserigen Bindegewebes zusammengesetzt (Fig. 247). Inner- **er** Markscheide zeigt sich bei den dunkelrandigen Nerven als Axencylin- **atweder** eine einzelne Nervenfibrille oder ein Fibrillenbündel. Die Dicke der **ylinder** kann sonach sehr verschieden sein, ebenso schwankt die Dicke der **randigen** Nervenfasern im Ganzen sehr bedeutend. Eine weitere Art von peri- **ichen** Nerven besitzt Axencylinder und SCHWANN'sche Scheide, aber keine Mark- **e**. Hierher gehören sämtliche Verzweigungen des Olfactorius in der Nasen-

schleimhaut der Wirbelthiere, auch im Sympathikus finden sie sich häufig. Eingeweideästen wiegen sie meist vor, man bezeichnet sie als *Brauer'sche Fasern*.

Wir unterscheiden sonach mit M. SCHULTZE folgende 6 Arten der Fasern:

1) Nackte Primitivfibrillen, 2) nackte Primitivfibrillenbündel, 3) Primitivfibrillen mit Markscheide, 4) Primitivfibrillenbündel mit Markscheide, 5) Primitivfibrillenbündel nur mit SCHWANN'scher Scheide (Brauer'sche marklose Nervenfasern im Sympathikus, Olfaktorius in den meisten wirbellosen Thieren), 6) Primitivfibrillenbündel mit Markscheide und SCHWANN'scher Scheide (die dunkelrandigen Fasern, die Hauptmasse der cerebrospinalen Nerven).

Fig. 247.



Breite markhaltige Nervenfasern frisch aus dem Gehirn des Zitterrochen, in deren Innern sich die Struktur des Axencylinders erkennen lässt.

**Theilung der Nervenfasern.** Sehr gewöhnlich theilen sich die Nervenfasern in der Nähe ihres peripherischen Endes, in den Nervenstämmen ist die Theilung eine Ausnahme der Primitivfibrillen, der letzten Elemente der Fasern, kann die Theilung alle Gattungen von Nervenfasern betreffen. Die Ausläufer vieler multipolaren Ganglienzellen erscheinen als theilte und verästelte Primitivfibrillenbündel, auch die Fasern des Olfaktorius zeigen vielfältige Theilungen. Am besten ist bisher die Theilung der markhaltigen Fasern untersucht worden. Die Zweige entweder dichotomisch oder als Ast (Nervenendbusch bei den Muskelnerven) von windend verlaufenden Nervenfasern, alle Bestandtheile der Nervenfasern auf ihre Zweige fort. An der Theilungsstelle selbst ist die Nervenmark vermindert, der Nerve erscheint daher an dieser Stelle schnürt, an den Zweigen tritt das Mark wieder mächtig auf. Die Theilung der fibrillären Axencylinder bei den Nervenfasern einer allmählich fortschreitenden Isolationsbildung der zusammensetzenden Primitivfibrillen. Die Markscheide schwindet an den peripherischen Enden der Nerven, meist vorher schon die Markscheide, und die Fibrillen zerspalten sich in der Mehrzahl der Fälle endlich in die nun selbständig verlaufenden Primitivfibrillen (M. SCHULTZE). Wie wir gesehen haben, jede einzelne meist mit einem besonderen Endapparat verbinden. In manchen Fällen (den Muskelnerven) scheint bis jetzt dagegen der Axencylinder noch als dickes Bündel zu endigen.

**Die Nervenzellen** haben wir, wie die Nervenfasern, bei der allgemeinen Beschreibung der Gewebszellen schon besprochen (S. 35, Fig. 40). Hier noch Einiges speciell nachzutragen, was dort nicht Erwähnung findet.

Der Körper der meisten Ganglienzellen des Rückenmarkes (M. SCHULTZE a. a. O. erwähnt, über die Zellen der peripherischen Ganglien, des Sympathikus) in eine mehr oder weniger grosse Zahl von Fortsätzen aus, welche mannichfach in langen Zügen und oft wiederholten Theilungen verästelt sind, welche sich das Protoplasma ohne Unterbrechung direkt hinein verlagern, lösen sich zuletzt in unmessbar feine Fäserchen auf. DEITERS nennt diese Fortsätze: Protoplasmafortsätze, M. SCHULTZE verästelte Fortsätze.



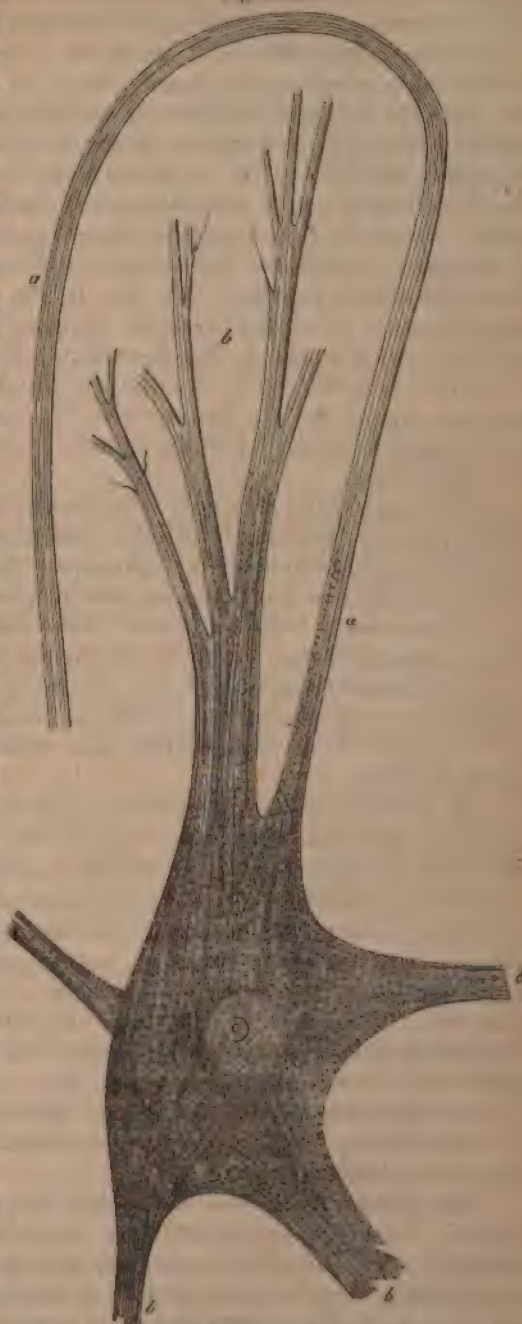
zeichnet sich ein einzelner, unverästelter Fortsatz aus, entweder von dem Körper der Zelle oder seltener von der Wurzel der grösseren Protoplasmafortsätze entspringt: Nerven- oder Axencylinderfortsatz, in seinem weiteren Verlauf umgibt er sich mit einer Marksheide. Er findet sich nicht nur an grossen, sondern auch an den Ganglienzellen des Rückenmarks, in der Olive, der Brücke, an Zellen des grossen Gehirns. DEITERS beschreibt, wie von vielen Protoplasmafortsätzen grösserer und kleinerer Zellen eine sehr feine, leicht zerstörbare Faser abgehen. Er hält sie für Nervenfasern, mit denen sie physikalisch-chemisches Verhalten gemein haben. Sie scheinen sich noch zuweilen an den Nervenfasern im weiteren Verlauf zu vereinigen. Eine dunkelrandige Faser, die sie als feinste Nervenfasern charakterisiert, erkannt werden.

So erscheinen denn diese Ganglienzellen als Centralpunkte zweier Systeme echter Nervenfasern, einer meist von feinen, immer einfachen und isolierten Faser (Fibrillenbündel) und eines zweiten Systemes aus feineren Fäserchen, die aus den Protoplasmafortsätzen hervor-

Das Protoplasma der Ganglienzellen (M. SCHULTZE) erscheint in der ganzen Dicke der Zellen körnig und fibrillär (Fig.

Der Axencylinderfortsatz zeigt ebenfalls eine fibrilläre Struktur, auch die Protoplasmafortsätze bestehen aus Fibrillen, doch ist zwischen ihnen die interfibrilläre kör-

Fig. 248.



Eine der mittelgrossen Ganglienzellen aus dem vorderen Horn des Rückenmarkes vom Kalb bei 600facher Vergrösserung nach kurzer Maceration in Jodserum isolirt. Die Fortsätze sind zum Theil kurz abgerissen, wie die drei unteren mit *b* bezeichneten; *a* Axencylinderfortsatz.

nige Masse stärker vertreten. Die Fibrillen der Fortsätze stehen mit dem des Zellenprotoplasmas in direktem Zusammenhang. Die fibrilläre Substanz zeigt sich am deutlichsten in der Rinde der Ganglienzellen um den Kern scheint nur feinkörnige Masse zu liegen. Der Verlauf der innerhalb der Ganglienzellen ist sehr verwickelt. Von jedem Fortsatz, der divergirend ein und bilden ein Gewirr sich unregelmässig durch die Faserchen (Fig. 248). Bei der Beobachtung der grossen Zellen aus dem Zitterrochen wurde es M. SCHULTZE wahrscheinlich, dass die ganze Masse, welche die Ganglienzellen aufbaut, dieselbe nun durchsetzt, ist also die Ganglienzelle, aus welcher ein Axencylinder entspringt, das Anfangsorgan desselben, als ihm die ihn zusammensetzenden Fibrillen, welche man die Ganglienzelle durchziehen sieht, würden. Annahme in der Zelle nicht (wenigstens nicht der Mehrzahl nach) zu nehmen, sondern in derselben nur eine Umlagerung erfahren zur Fortsetzung des Axencylinderfortsatzes und Ueberleitung in andere Verästelungsfortsätze.

Die Ganglienzellen des Gehirnes ordnen sich dem Schema nicht einfach unter. An den Ursprungsstellen der Hirnnerven sind den Rückenmarkszellen vollkommen entsprechende Formen. Die grosse Anzahl von Ganglienzellen des Gehirnes sind aber peripherische Nervenfasern bekanntlich nicht direkt ableitbar, z. B. von den kleinen Ganglienzellen in der Rinde des kleinen Gehirnes. Nach DENT sind dieselben verästelte Fortsätze und einen unpaaren, der weissen Substanz des Gehirnes zugerichteten Fortsatz, dieser zeigt nach GERLACH aber auch Fortsätze, sodass er dem Axencylinderfortsatz der Rückenmarksganglienzellen entsprechen kann.

M. SCHULTZE und KÖLLIKER haben deutliche fibrilläre Struktur an diesen Zellen und ihren Fortsätzen nachgewiesen, ebenso an den Zellen der Rinde des grossen Gehirns. Nach MEYNER und ARNDT zeigen diese kegelförmig gestalteten Zellen einen dickeren peripherischen, sich erst verästelnden Fortsatz (M. SCHULTZE), von der Spitze der Zelle ausgehen eine grössere Zahl verästelter Fortsätze, welche gegen die weisse Substanz sind. Die Zellen des Pes hippocampi major zeigen ganz analoge Verhältnisse (M. SCHULTZE). GERLACH macht neuerdings, wie wir noch unten besprechen, auch für das Rückenmark das Vorkommen von Ganglienzellen ohne Axencylinderfortsatz wahrscheinlich, er konnte einen solchen an den Zellen der Hinterhörner niemals auffinden, sodass also auch im Rückenmark solche Ganglienzellenformen vorkommen, von denen die Protosomaarten Fortsätze besitzen.

Im Gehirn findet sich aber ausser den geschilderten grösseren Zellen eine enorme Anzahl kleinerer Zellen, deren Kerne nur von wenig Protoplasma umlagert wird. Zum Theil senden sie nervöse Fortsätze aus und können sich dadurch als wahre Nervenzellen, es scheinen unter ihnen multipolare und unipolare vorzukommen. Im kleinen Gehirn bilden sie die Faserchen, ihre Ausläufer sind feinste Fibrillen.

Fragen wir nach dem wahren centralen Ursprung der



**ien** im Gehirn und Rückenmark, welche nach der gegebenen Darstellung **Ganglienzellen** schon fertig gebildet eintreten, so können wir nach der Hypo-**M. SCHULTZE's** annehmen, dass wenigstens eine Anzahl von ihnen aus diesen **n** zum Theil unipolaren Ganglienzellen hervorgehen. Für einen anderen **der** Fibrillen wäre vielleicht noch an dem vielfach behaupteten Ursprung **usseren** Ganglienzellen festzuhalten, und zwar haben wir Angaben, dass ihr **les** Ende in der Zellsubstanz oder im Kern oder im Kernkörperchen zu **n** sei. Eine dritte Fibrillengattung hat vielleicht (**M. SCHULTZE**) gar kein cen- **Ende** im Gehirn und Rückenmark, sie entspringen an der Peripherie, durch- **die** Ganglienzellen und kehren auf neuen Bahnen zur Peripherie zurück. **rem** Wege zur Peripherie oder zum Centrum erfahren dann die Fibrillen, **ie** sie durch multipolare Ganglienzellen hindurchtreten, neue Umlagerungen **in**ordnungen. Bipolare Ganglienzellen sind wesentlich nichts anderes als **altige** Anschwellungen des Axencylinders.

**Die** multipolare Ganglienzelle ist also nach **M. SCHULTZE** ein Knotenpunkt **er** aus den verschiedensten Regionen des Nervensystems stammender Ein- **illen**. Die Fibrillen der Protoplasmafortsätze verlaufen theils central (zur **theils** peripherisch (von der Zelle weg). Auf der Bahn der Protoplasma- **ze** verlaufen zur Zelle Fibrillen sehr verschiedener Abstammung. Eine **ahl** aus diesen verläuft in ein Bündel zusammengefasst als Axencylinder- **z** zur Peripherie, die übrigen ziehen auf dem Wege der verästelten Fortsätze **z** noch unbekannte Wege.

**Direkte** Kommunikation der Nervenzellen durch dickere Fasern kommen zwar **zelt** vor, doch immer nur selten, das physiologische Postulat des Zusammen- **der** Ganglienzellen unter sich, wurden, wie wir unten sehen werden, auf **ndere** Art gelöst.

**Faserverlauf im Rückenmark.** Bekanntlich sind im **Rückenmarke** die nervösen **ente** im Grossen so angeordnet, dass eine weisse, abgesehen vom Binde- **de**, aus Nervenfasern bestehende Substanz gleichsam als Rinde einen grauen **anglienzellen** enthaltenden Kern umkleidet, welcher, ziemlich in der Mitte **entralkanal** des Rückenmarkes durchbohrt, nach vorn und hinten je zwei **Fortsätze** in die weisse Masse hinein sendet, die als Hörner und zwar als **er-** und Hinterhörner beschrieben werden (Fig. 249).

**Die** weisse Substanz wird in zwei seitliche Hälften getheilt, welche wieder **drei** Stränge gespalten werden. Die Theilung in Seitenhälften ist eine natür- **ie** sie entspricht der Fissura anterior, die das Rückenmark spaltet und in **ie** sich ein Fortsatz der Pia mater einsenkt. Im Grunde der Spalte befindet **ie** sogenannte weisse oder vordere Commissur. Die Spaltung der dadurch **leten** beiden Hälften in weitere Stränge: Vorderstrang, Seitenstrang, **er**strang ist eine mehr künstliche. Die Entwicklungsgeschichte kennt **wei** Stränge, den Vorder- und Hinterstrang, der Seitenstrang gehört gröss- **eils** zu dem Vorderstrange. Am ganzen Halstheil der Hinterstränge finden **noch** zwei dunklere keilförmige Mittelstreifen: die GOLL'schen Keil- **nge**. Die beiden Hinterstränge werden bis zum grauen Kerne herab durch **gewebe** und Blutgefässe von einander getrennt. Eine wahre hintere Längs- **e** existirt beim Menschen nur an der Lendenanschwellung und der oberen **ikal**egend. Die Fasern der weissen Substanz lassen einen verschiedenen

Verlauf erkennen. Man findet horizontal, senkrecht und schief verlaufende Fasern.

Der grösste Theil des Rückenmarkes wird von den senkrechten Nervenfasern gebildet. Sie verlaufen an der Oberfläche alle einander in den tieferen Schichten verflechten sie sich mehr unter einander und bilden Bündel. Das quantitative Verhältniss der weissen zur grauen Substanz im Rückenmark ist ein wechselndes (Fig. 249). Die Anschwellungen des Rückenmarkes Nacken und Lendentheile kommen allein auf Rechnung der grauen Substanz. Unverkennbar nimmt die Masse der weissen Substanz von unten nach oben allmählich zu; an dem Uebergang der Rückenmarksspitze in das Filum terminale fehlt die weisse Substanz fast gänzlich (GERLACH). In der weissen Substanz finden sich starke und mittelstarke Nervenfasern mit Axencylindern.

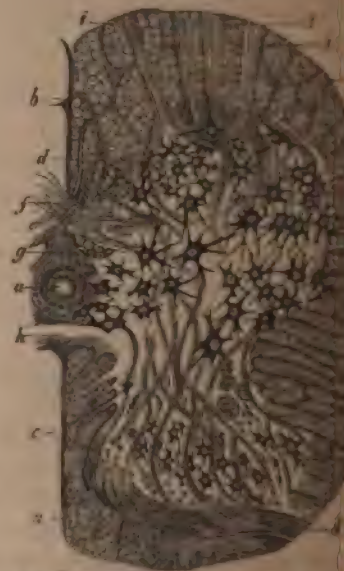
Fig. 249.



Querschnitt aus verschiedenen Höhen des Rückenmarkes eines halbjährigen Kindes. Vergr. 8. A) Aus der Mitte der Halsanschwellung. B) Aus der Mitte des Brusttheils. C) Aus der Mitte der Lendenanschwellung.

zeln. Ein analoger Unterschied zeigt sich zwischen den Fasern der vorderen und hinteren Hinterstränge des Rückenmarkes.

Fig. 250.



Querschnitt durch die untere Hälfte des Rückenmarkes (nach DENTON). a Commissura anterior; b T. post.; c Vorderhorn mit den Ganglienzellen; d Hinterhorn mit kleinem weissen Commissur; e Commissur des Kanals; f hintere graue Commissur; g vordere und h hintere Spinalwurzel; i vordere und k Hinterstrang.

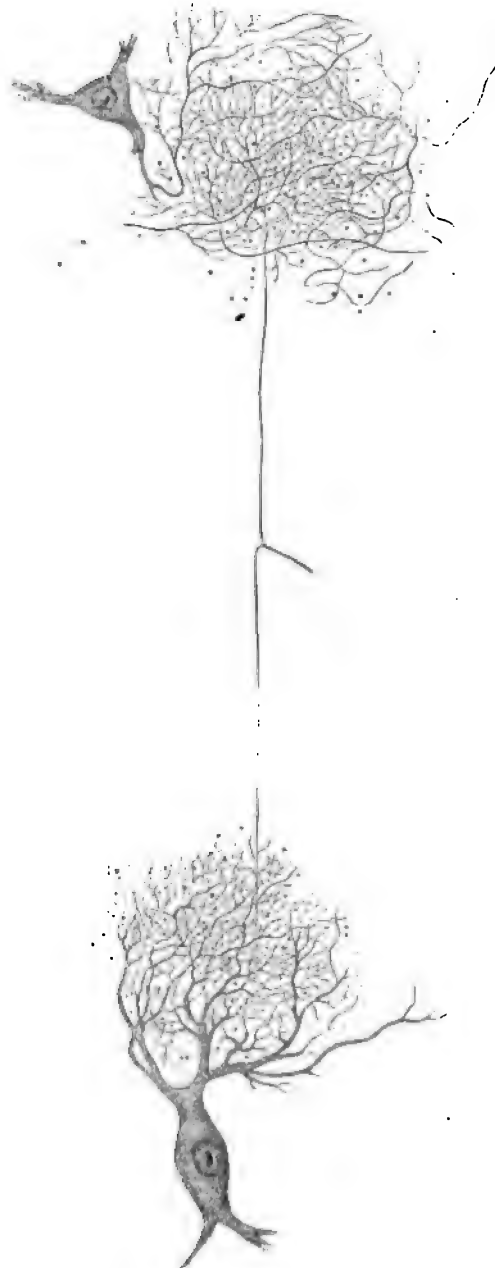
scheide, eine eigentliche Scheide mangelt (cf. S. 881). Die motorischen vorderen Wurzeln des Rückenmarkes sind meist stärker als die der hinteren sensiblen Wurzeln.



zeigt sich eine bedeutende, die Verschiedenheit der Nerven in der grauen Substanz nach ihrer Grösse. Die grösseren finden sich in den vorderen Hörnern (Fig. 250). An der Seite der vorderen Enden der Hinterhörner findet sich im Brusttheile des Rückenmarkes eine sehr deutlich abgegrenzte, dichter Ganglienzellenhaute Clarke'sche Säulen oder Clarke'sche Kerne genannt werden. Diese Zellen sind etwas kleiner als die bisher besprochenen, sondern sowie von den kleinen, Nervenzellen, die sich in der grauen Masse zerstreut sehr häufig vorfinden, war oben die

Die graue Substanz enthält neben den Zellen noch eine grosse Menge von Nervenfasern, die nach unten mindestens die Hälfte der Masse ausmachen, nach oben die Hauptmasse bilden. Die Nervenfasern der grauen Substanz sind theils nackte, theils myelinscheiden versehene Axonen, theils sind es nackte Nervenfibrillen von fast unmessbarer Dichtigkeit. Bemerkenswerth ist für die stärkeren Nervenfasern der grauen Masse ihre sehr häufige, jeder Faser wiederholt eintretende Theilung, wodurch sie feiner werden, bis aus ihnen unmessbar feine Fibrillen entstehen, welche zu engmaschigen Netzen zusammentreten, die in den Nervenzellen den charakteristischen Bestandtheil der grauen Masse ausmachen (GERLACH). Man sieht leicht, dass aus diesem feinsten Nervenfasernetz wieder breitere Fasern hervorgehen, welche mit anderen zu

Fig. 251.



Eine sich theilende Nervenfasern, deren beide Aeste mit dem Nervenfasernetz, welches mit zwei Nervenzellen in Verbindung steht, zusammenhängen. Karminammoniakpräparat aus dem Rückenmark des Ochsen. Vergr. 150.

noch breiteren sich vereinigen. Diese durchsetzen die graue Masse und in die weisse Substanz der Stränge oder schliessen sich an die in den Hörnern vorhandenen aus mittelbreiten Nervenfasern bestehenden Netze an (Fig. 251). Nach GERLACH hängen diese feinsten Fasernetze mit den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen zusammen, die sich direkt in die Fibrillen der Netze auf, welche sonst die Vereinigung der Zellen unter einander und einer Anzahl Nervenfasern unter sich und mit den Zellen vermitteln.

Durch GERLACH wurde ein durchgreifender morphologischer Uebersicht über die physiologisch verschiedenen Gattungen von Wurzelfasern des Rückenmarks aufgefunden. Die aus den Nervenzellen der Vorder- und Hinterhörnern gehenden Axencylinderfortsätze treten, wie es sehr wahr ist, alle in die vorderen, motorischen Wurzeln ein, die feinen Nervenetze der grauen Substanz hervorgehenden dickeren, welche durch das Netz mit den Protoplasmafortsätzen der Zellen verbunden stehen, treten in die hinteren, sensiblen Wurzeln ein. Alle Axencylinderfortsätze und Protoplasmafortsätze besitzen, hängen also auf doppelte Weise mit den nervigen Elementen des Rückenmarks zusammen, erstens durch den Axencylinderfortsatz, welcher zum Axencylinder der Wurzelfasern wird, und zweitens durch die feinsten Nervenfasernetze der grauen Substanz auflösen, aus welchen wieder dickere Fibrillenbündel und endlich dunkle Nervenfasern hervorgehen.

Für die physiologische Auffassung von Wichtigkeit scheint auch die erwähnte Beobachtung einer zweiten Nervenzellenart im Rückenmark. An der Mehrzahl der Zellen lässt sich, wie gesagt, der DETRENS'sche Axencylinderfortsatz nachweisen; an den mittelgrossen Zellen der auf den Brusttheil des Rückenmarks beschränkten Zellenlage der CLARKE'schen Säulen findet dagegen, wie in der Mehrzahl der Ganglienzellen des Gehirns, keine Axencylinderfortsätze, nur Protoplasmafortsätze, vielleicht finden sich auch noch an anderen Stellen des Rückenmarks solche Zellen zweiter Art eingestreut. Von diesen beiden physiologisch verschiedenen Arten von Nervenzellen hängen sonach die einen mit den vorderen Wurzeln und mit dem Nervenfasernetze der grauen Substanz zusammen, die anderen stehen direkt nur mit dem letzteren in Verbindung. Hat früher auf die Unterschiede in der Grösse und Lage der Zellen in den vorderen und hinteren Strängen eine Theorie über die verschiedene physiologische Bedeutung der Zellen gründen wollen; JACOBOWITZSCH erklärte die grossen Zellen der Vorderhörner für motorische, die kleinen der Hinterhörner für sensible Nervenzellen. Nach den Angaben GERLACH's sehen wir die Axencylinderfortsätze in den Zellen, sowohl der Hinter- als der Vorderhörner, nur in die vorderen Wurzeln eintreten, und er bemerkt mit Recht, dass die Unterscheidung in sensible und motorische Zellen im Rückenmark der allbekannten Thatsache widerspricht, dass in dem von der Medulla oblongata getrennten Rückenmark weder das Zustandekommen von willkürlicher Bewegung noch von wahrer Empfindung vorhanden sind. Das Rückenmark zeigt, wie wir sahen, nur reflektirte



automatische Thätigkeiten, und wir dürfen wohl vermuthen, dass an je beiden morphologisch verschiedenen Zellenarten eine der beiden physischen Funktionen geknüpft sei. Die wichtigere Reflexthätigkeit dürfen wir den weit zahlreicher vertretenen Zellen erster Art zutheilen, für die automatische Thätigkeit würden dann die Zellen ohne Axencylinderfortsatz nur mit Plasmafortsätzen bleiben. Im Centrum der Nervennetze gelegen, erscheinen besonders geeignet in ihnen irgendwie entstandene Reizzustände auf Nachbarzellen zu übertragen, während zur Hervorrufung von Reflexbewegungen nach der Theorie M. SCHULTZE's die aus den sensiblen Wurzeln dem Nervenfasernetz mitgetheilten Reizzustände durch die Zellen mit Axencylinderfortsätzen auf die sensiblen Wurzeln direkt übertragen werden.

Im mittleren Theil der grauen Rückenmarkssubstanz (GERLACH) etwas nach vorne findet sich der von Cylinderepithel ausgekleidete Centralkanal, der nur bei jugendlichen Personen offen und mit Liquor cerebrospinalis erfüllt ist.

Er ist zunächst von einer ziemlich nervenfreien, faserig-körnigen Binde substanz umgeben, in welche die Flimmerzellen fadenförmige Fortsätze senden. Vor dieser Lage von Binde substanz (Ependyma des Centralkanals) unmittelbar zwischen den sich kreuzenden Fasern der weissen Commissur, zeigen sich die vorderen zur grauen Substanz gehörenden Kommissurfasern, welche wie die der hinteren Kommissur die beiden Rückenmarkshälften verbinden, vorn bleibt kein Platz für das feine Nervenfasernetz, welches sich rechts und links, sowie hinter dem Centralkanal ausbreitet. Nach rückwärts schließen sich die Fasern der hinteren grauen Kommissur an, welche gleichsam den Boden des Sulcus post. bilden, und seitlich an die Hinterhörner grenzen (Fig. 252). Nach BROWN-SQUARD's Experimentalergebnissen (cf. oben) scheinen querlaufenden Fasern der hinteren grauen Kommissur mit Hirnorganen, welche Empfindung vermitteln, in Verbindung zu stehen, während die kreuzenden Fasern der vorderen weissen Kommissur mit Organen der willkürlichen Bewegung im Gehirn sich verbinden.

In den Vorderhörnern unterscheidet man im vorderen- und Lendentheil des Rückenmarks drei Typen von Nervenzellen, eine mediale, eine mediale und laterale, letztere ist die grösste. In der grauen Mittelpartie (GERLACH) beider Rückenmarkshälften findet sich ein Dorsaltheil der gesonderten Zellenlagen der CLARKE'schen Hinterhörner, mit welchen scharf gezeichnete, rückwärts und vorwärts verlaufende, Faserzüge in Verbindung treten. Die Hinterhörner zeigen zwei ziemlich scharf getrennte Abschnitte, der vordere ist die Substantia gelatinosa von ROLANDO, sehr arm an nervösen Elementen, der hintere Theil der Fasern des vorderen Abschnitts der Hinterhörner fällt der Reichthum an Nervenzellen auf. Die ganz allgemein etwas kleineren Nervenzellen sind nicht zu scharferen Typen vereinigt.

Fig. 252.



Mediale Partie des Rückenmarksquerschnittes eines halbjährigen Kindes aus dem unteren Nackentheil mit Goldchloridkalium behandelt. Vergr. 50. aa) Vorderstränge. bb) Hinterstränge. c) Centralkanal. d) Kontour des Epithels des Centralkanals andeutend. e) Binde substanz in der Umgebung des Centralkanals. f) Nervenfasernetz um den Centralkanal. g) Hintere Querfasern der grauen Kommissur. h) Vordere Querfasern der grauen Kommissur. i) Kreuzung in der vorderen weissen Kommissur.

Der Faserverlauf im Rückenmark erscheint im Speciellen folgender (GERLACH):

Die Fasern der vorderen Wurzeln gelangen nach ihrem Eintritt in das Rückenmark, schräg durch die weisse Substanz hindurchtretend, in die graue Substanz der Vorderhörner und verbinden sich durch die Ausläuferfortsätze mit den hier gelegenen Nervenzellen. Die Protoplasmafortsätze der Zellen betheiligen sich, indem sie sich in ihre Fibrillen auflösen, an der Bildung der feinen, auch die Zellen unter einander verbindenden Nervenfasern in der grauen Substanz, aus welchen wieder breitere Nervenfasern hervorgehen nach zwei Richtungen hin, medial und lateral verlaufend, aus der grauen Substanz austreten, um in der weissen aufzusteigen. Aus diesem Steigen an neuen Fasern resultirt die Zunahme der weissen Substanz an den unteren Rückenmarksabschnitten zu den oberen. Die medial verlaufenden Fasern gelangen direkt zur vorderen weissen Kommissur, hier kreuzen sie mit den gleichen Fasern der anderen Seite und steigen in dem Vorderstrange der gegengesetzten Rückenmarkshälfte auf; die lateral verlaufenden Fasern gelangen zu dem Seitenstrange der gleichen Seite, in welchem sie aufsteigen, liegen erst in der Decussatio pyramidum der Medulla oblongata gleich der Kreuzung.

Die hinteren Nervenwurzeln treten horizontal von aussen in das Rückenmark verlaufend in die weisse Substanz und schlagen hier zwei Wege ein. Eine verlaufende kleinere Abtheilung der Fasern bleibt der ursprünglichen Richtung treu, durchsetzt in feinen Bündeln die Substantia gelatinosa und liegt sich an der Bildung eines unmittelbar vor dieser gelegenen vertikalen Bündels, durch welches die Fasern theils auf-, theils absteigend verlaufen. In diesem Bündel biegen die lateralen hinteren Wurzelfasern bald nach der Horizontalenebene um und treten in das feine Nervenfasernetz des Hinterstrangs ein. Die grössere Abtheilung der hinteren Wurzelfasern verläuft medial und schmiegt sich an die Grenze der Substantia gelatinosa (innen und hinten) an, hier biegen sie senkrecht in die Höhe, um in den Hintersträngen eine grössere Strecke auf- und vielleicht auch wieder abwärts zu verlaufen, später biegen auch sie wieder in die horizontale Richtung um. Der hinteren Wurzelfasern löst sich also sofort nach seinem Eintritt in das Rückenmark ein Nervenetz versehenen Theil der grauen Substanz in diesem Netze. Der andere Theil geht weiter nach vorn und in dem Maasse, als derselbe in die graue Substanz vorne fortschreitet, betheiligen sich die Fasern unter fortwährender Bildung gleichfalls an der Bildung des Nervenfasernetzes. Dieses Netz, in welchem sam als Knotenpunkte grösserer und kleinere Nervenzellen eingeschaltet stehen, steht mit dem Netze der Vorderhörner in kontinuierlicher Verbindung. In demselben entwickeln sich Nervenfasern, welche vor und hinter dem Centrum der grauen Kommissur die Medianebene überschreiten, dann sich nach hinten wenden, um theils in den vertikalen Faserbündeln der Hinterstränge, theils in den Hintersträngen, zwischen welchen beiden letzteren vielfache, bis jetzt noch unentwirrbare Beziehungen obwalten mögen, nach dem Gehirn zu verlaufen (GERLACH).

Im Gehirn und verlängerten Marke ist, trotz neuer glänzender Schritte, der Faserverlauf noch zu wenig genau erforscht, als dass man



Lung wie die unsrige näher besprochen werden könnte, um so weniger, als kaum weitere physiologische Betrachtungen daran knüpfen lassen, die ich schon in der allgemeinen Besprechung gemacht hätten \*).

In verlängerten Marke kehren die Verhältnisse des Rückenmarkes im Allgemeinen wieder, es findet sich aber hier noch eine verwickeltere Anordnung im inneren Raume, indem hier die Ansammlungen von Ganglienzellen viel mehr voneinander gesondert sind und doch wieder eigenthümlich verbundene Zellengruppen darstellen. Nach DEITERS ergibt sich das allgemeine Gesetz, dass überall zwischen Fasermassen eine andere Richtung einschlagen, graue Massen dazwischen liegen sind. Diese dienen den Fasern nicht als Endstationen, sondern als Zwischenpunkte, von denen aus ein neues System von Fasern ausstrahlt.

Die Anordnungen im Gehirne sind durch das Einschleichen von Centralorganen für die Sinnesorgane noch complicirter geworden. Die graue Masse bildet hier die weisse, in der aber noch viele graue Kerne: Hirnganglien, eintreten sind. Die Grundverhältnisse mögen trotzdem aber auch hier analoge sein wie in Rückenmark und Gehirn, abgesehen davon, dass wir hier auch die centralen Endorgane der Nervenfasern zu suchen haben (cf. oben). Der Verlauf soll nur an einem Beispiele etwas näher dargelegt werden. Nach LEYDEN tritt die Sehnervenfaser in die Kniehöcker des Gehirnes. Diese Kniehöcker sind Ansammlungen von multipolaren Ganglienzellen, mit denen sich gewiss die bei weitem grösste Zahl der Sehnervenfasern vereinigt. Insbesondere der äussere Kniehöcker erscheint als ein höchst reicher Ganglienzellenapparat, der, wie er aus dem Sehhügel aufnimmt, andere entlässt, welche durch die Arme des Kniehöckers zu diesen treten. Die Vierhöcker sind das zweite System von Ganglienzellenapparaten, mit denen die Sehnervenfasern Combinationen eingehen. Aus diesen treten die Fasern in die Tiefe, und es erfolgen Combinationen mit den verlängerten Mark durch die Schleife — Laqueus — und Verbindungen mit den Ganglienzellenhaufen auf dem Boden der Sylvischen Wasserleitung mit den Ganglienzellen des Nervus oculomotorius. Endlich geht wenigstens ein grosser Theil der Fasern des Thalamus opticus als vierte Verbindung Combinationen mit den Sehnervenfasern ein. Ein anderes aus dem Sehhügel entspringendes System von Fasern vermittelt endlich die Verbindung mit dem Grosshirne und den centralen Endorganen zu suchenden centralen Endapparaten. So haben wir also nach dieser Uebersicht Einrichtungen, durch welche die auf die Enden der Retinafasern eintreffenden Eindrücke Bewegungen hervorbringen, welche Ganglienzellenapparaten in den Kniehöckern, Vierhöckern, Sehhügeln zur Verarbeitung überliefert werden, welche schliesslich in das Grosshirn eintreten, um in den Kreis seelischer Wahrnehmungen als vollendete Gesichtsvorstellung zu gelangen.

Schon aus diesem einzigen Beispiele, das sicher noch nicht alle Verbindungswege beschreibt, welche wirklich vorhanden sind, geht hervor, wie enorm complicirt wir uns die Einrichtung des Gehirnes zu denken haben. Es mag genügen, um uns einen ersten Einblick in diese noch fast ganz unaufgedeckten Verhältnisse zu gewähren.

Naheres findet man in den neuen Untersuchungen von TH. MEYNER in STRICKER'S Gehirnlehre.

## Die Ursprünge der Hirnnerven.

Nur die Ursprünge der Gehirnnerven sollen hier noch besprochen werden (STILLING, C. E. HOFMANN u. A.).

1) Der N. olfactorius ist eine Abschnürung der Hemisphäre, er sollte aber noch zu den Gehirnnerven gerechnet werden. Er ist ein Divertikel der Hirnhaut, besitzt eine feine Höhlung, und erhebt sich vom Gehirn mit drei Wurzeln. Die hintere Wurzel verbindet sich (MEYNERT) mit dem Stirnende des Gyrus fornicatus, die äussere mit dem Schläfenende der Bogenwindung, dem Subiculum cornu Ammonis.

2) Die Sehnerven, resp. die hinter dem Chiasma gelegenen Tractus optici, entspringen von den Sehhügeln, Vierhügeln und Kniehöckern. In der Nähe des Chiasma entspringen noch Fasern vom basalen, an der seitlichen Grenze des Tuberculum cinereum gelegenen Ganglion auf (cf. oben).

3) Die gemeinschaftlichen Augennerven lassen ihre Fasern in der Nähe des Chiasma verfolgen, von hier aus ziehen sie getrennt theils gegen das hintere Ende der Wasserleitung, theils gegen die Brücke zu. Der grössere Theil der Fasern verläuft mit dem Oculomotorio-Trochleariskern dicht an der Mittellinie in dem Boden der Abtheilung der Sylvischen Wasserleitung gelegen. Von hier aus ziehen die Oculomotoriuswurzeln durch die Haube zur Innenseite des Hirnschenkelbusses, durch den rothen Kern durchsetzen, theils umgreifen. Dieser Kern verbindet sich mit den Fasern der Raphe, aus ihm entspringen auch die Wurzelfasern des Trochlearis.

4) Die Trochleares, Rollnerven. Man kann die Wurzelfasern unter dem oberen Marksegel verfolgen, dann verlaufen sie schräg um den Aqueductus cerebri vorne und oben, dicht unter den Vierhügeln kreuzen sie sich mit den Fasern des Trochlearis der anderen Seite (STILLING) und treten dann in den Oculomotorio-Trochlearis.

5) Die dreigetheilten Nerven. Der Trigemini besitzt eine kleinere und eine grössere sensible Wurzel. Die kleinere Wurzel entspringt aus den hinteren Abtheilungen des hinteren Brückentheils, aus dem oberen, motorischen Trigemini-kern (STILLING). Die grosse Wurzel zeigt einen vielfachen Ursprung. Die vorderen Wurzel kommen von einer Zellensammlung ziemlich oberflächlich, von dem motorischen Trigemini-kern gelegen. Ein Theil der absteigenden Wurzel kommt von einer Zellengruppe im Gebiete des oberen Vierhügels, die innere leitet MEYNERT aus Zellen vor und hinter den Längsbündeln der vorderen Abtheilung ab. Die mittlere kommt aus der Substantia ferruginea des Locus ceruleus, diese Fasern lassen eine Kreuzung mit denen der anderen Seite erkennen. Nachher kommt noch eine aufsteigende Wurzel aus der gelatinösen Substanz des Hinterhorns von Rolandi in der unteren Hälfte des verlängerten Marks, und wahrscheinlich auch eine aus dem Kleinhirn, deren Fasern in den Hinterhornsfasern verlaufen.

6) Der N. abducens entspringt aus dem Abducens-Facialis-kern im Hinterhorn des medullären auf dem äusseren Theile der Eminentia teres, in der Höhe des unteren Fovea anterior.

7) Der N. facialis entspringt mit drei Wurzeln (MEYNERT). Die absteigende Wurzel geht gekreuzt aus der Raphe hervor und biegt sich in den Facialis-Abtheilung aus dessen oberem Theile die geraden Wurzeln hervorkommen. Die vorderen Facialiswurzeln kommen aus dem unteren, vorderen Facialis-kern, verlaufen vor der oberen Olive gelegen und verlaufen zum Boden der vierten Hirnhöhle, wo sie sich zu einem knieformig gebogenen Bündel, welches um den Abducens herumzieht.

8) Der N. acusticus hat (MEYNERT) eine vordere Hauptwurzel, welche den Kleinhirnschenkel durch die Brücke zieht, und eine hintere Hauptwurzel, welche den Kleinhirnschenkel umgreift und nahe dem Boden der vierten Hirnhöhle liegt. Die Wurzeln treten in Verbindung mit Anhäufungen von Nervenzellen: dem inneren



**vorderen Akustikuskern.** Der innere Akustikuskern bildet ein äusseres rhombisches Gebiet der Rautengrube von der Aussenseite der Wölbung des oberen Facialiskerns bis zur Mitte der Rautengrube bis zur Aussenseite des Vago-Accessoriuskerns. Der vordere, direkt an den inneren angrenzende, liegt in dem trapezoidischen Feld der inneren Abtheilung der Kleinhirnschenkel. Der vordere Akustikuskern ist wie ein Keil zwischen dem Corpus restiformia und das Mark der Flocke eingeschoben. Ausserdem findet man an dem ganzen centralen Verlauf des Akustikus einzelne oder zu Gruppen verbundene Nervenzellen. Die vordere Hauptwurzel hat gekreuzte Fasern, die, aus den Kleinhirnschenkeln der entgegengesetzten Seite kommend, theils durch den inneren Akustikuskern hindurchtreten, theils durch den äusseren Akustikuskern gerade nach vorne dringen, am Boden der Rautengrube als Fibræ arcuatae umbiegen und zum inneren Akustikuskern der anderen Seite gelangen. Dazu kommen noch ungekreuzte äussere Fasern aus dem äusseren Akustikuskern, dem Corpus restiforme und dem vorderen Akustikuskern stammend. Die hintere Hauptwurzel zeigt oberflächliche Bündel, die Striae medullares, welche als Fibræ arcuatae aus den Kleinhirnschenkeln der anderen Seite durch die Raphe zum Boden der Rautengrube treten. Tiefer als sie, aber sonst analog verlaufen andere Fasern, welche theilweise den inneren Akustikuskern durchsetzen.

Diese theils direkte, theils gekreuzte Verbindung mit dem Kleinhirn ist dem Akustikus ganz specifisch eigen (MEYNER).

3) Die Ursprünge des N. Glossopharyngeus, 40) des N. vagus und 41) des N. Accessorius können nun gemeinsam beschrieben werden (MEYNER).

Zwischen dem inneren Akustikuskern und der Eminentia teres schiebt sich nach vorne eine Nervenzellenanhäufung ein: der äussere Glossopharyngeuskern, etwas weiter einwärts liegt der innere Glossopharyngeuskern. Mehr in der Tiefe beginnt der Vaguskern, geht nach hinten gegen die Oberfläche des grauen Bodens der vierten Hirnhöhle vor und tritt in der Ala cinerea in den Akustikuskern über. An der Eminentia teres liegt nach innen der mediale Kern. Mehrere Mm. von der grauen Substanz der Rautengrube entfernt liegt, abgezogen von den Fibræ arcuatae, der vordere motorische Glossopharyngeo-Vaguskern. Diese Ursprungskerne stehen mit den Hirnschenkeln in Verbindung durch Fibræ rectae der Raphe und durch die dem grauen Boden nächstgelegenen Fibræ arcuatae, welche aus der Raphe zum Vago-Accessoriuskern gelangen. Ausserdem verbinden sie sich mit den Wurzeln der drei Nerven. Eine gemeinsame aufsteigende Wurzel der NN. glossopharyngeus, vagus und accessorius kommt wahrscheinlich aus dem Fusse des Hirnschenkels, tritt etwas oberhalb der Pyramidenkreuzung aus der Raphe zur zweiten Abtheilung der Fibræ arcuatae und mischt sich theilweise nach und nach den Wurzelfäden der NN. accessorius und vagus bei, während das obere Ende in den N. glossopharyngeus eindringt. Die mediale Wurzel des N. vagus stammt von der Fibræ rectae der Raphe dicht vor der grauen Masse der Rautengrube. Vom Glossopharyngeus-Vaguskern steigen Wurzeln der entsprechenden Nerven auf. Zum Vagus kommen Bündel vom Fasciculus teres. Zum Vagus und N. glossopharyngeus treten noch Fasern von der gelatinösen Substanz und aus dem motorischen Glossopharyngeuskern. Die unteren Wurzeln des N. accessorius springen bis zur Pyramidenkreuzung aus dem lateralen Fortsatze des Vorderhirns, unterhalb der Kreuzung aus der Formatio reticularis. Sie verlaufen parallel den Hinterhörnern nach aussen.

42) Der N. hypoglossus stammt aus dem Hypoglossuskern, der im unteren Winkel der Rautengrube, von weisser Masse bedeckt, eine mittlere Erhebung bewirkt. Er ist durch die Fibræ rectae mit der Pyramide verbunden, andere Wurzelfasern kommen direkt durch die Fibræ arcuatae aus den Hirnschenkeln, zwischen beiden Hypoglossuskernen findet sich eine gekreuzte Commissur aus sehr feinen Fasern.

Über den Ursprung der Rückenmarksnerven finden sich die neuesten Angaben nicht im Text.

### Zusammenstellung der Funktionen der Hirn- und Rückenmarksnerven

Bei den einzelnen Organen wurden die Wirkungen der Nerven schon eingehend behandelt. Es bedarf hier vorzüglich nur noch einer übersichtlichen Zusammenstellung der gefundenen Thatsachen.

#### 1. Hirnnerven.

- 1) Nervus olfactorius, der Riechnerve.
- 2) Nervus opticus, Sehnerv. Erregt reflektorisch den N. oculomotorius zum Sphincter pupillae gehende Fasern.
- 3) Nervus abducens, motorischer Nerve für den Musculus abducens (Musculus rectus oculi externus).
- 4) Nervus trochlearis, motorischer Nerve für den Musculus trochlearis (Musculus obliquus oculi superior), er soll sensible Fasern führen.
- 5) Nervus oculomotorius, motorischer Nerve für die meisten Augenmuskeln: Mm. rectus superior, inferior, internus, M. obliquus inferior, M. levator palpebrae superioris.

Er innervirt auch den Ringmuskel der Pupille, den Sphincter iridis s. pupillae, den Akkommodationsmuskel: M. ciliaris. Seine Erregung geschieht grossentheils durch Sympathikusreizung; die Fasern für den Sphincter iridis werden reflektorisch vom Oculomotorius (Erweiterung der Pupille durch Sympathikusreizung). Bei Lähmung des Oculomotorius ist also das Auge gesunken (Ptosis) und die Augapfelbewegung fast vollkommen gelähmt, wegen des Gewichtes der ungelähmten Mm. trochlearis und abducens tritt Auswärtswendung der Pupille ein. Die Pupille ist erweitert und gegen Licht unempfindlich, die Akkommodation ist dauernd auf seinen Fernpunkt eingestellt. Manchmal sind die Iridfasern bei einer Oculomotoriuslähmung nicht getroffen: die Pupille normal beweglich. Trigemini sensible Fasern erhalten.

- 6) Nervus trigeminus. Er besitzt sensible und motorische Fasern. Nach Analogie der Rückenmarksnerven mit zwei Wurzeln, einer sensiblen: Portio major, welche wie die Rückenmarksnerven ein Ganglion: G. Gasseri, besitzt, und einer motorischen: Portio minor.

a. Seine sensiblen Fasern vermitteln die Empfindung in der Dura mater, in der Augenhöhle und ihrer Umgebung, der Stirn, dem ganzen Gesichte, dem vorderen äusseren Ohre, dem äusseren Gehörgang, der Schläfengegend, dem obersten Theile der Rachenhöhle, der Nasenhöhle, dem harten Gaumen, der Zunge, den Zähnen, der Mundhöhle, also fast am ganzen Kopf. Er scheint Geschmacksnerven in den versorgten Theilen der Zunge.

b. Er ist der motorische Nerve für die Mm. temporalis, masseter, (Kau Muskeln), digastricus anterior maxillae, tensor und levator palati, tensor veli palatini, mylohyoideus. Auch zum M. buccinator geht ein Zweig. Er hat Fasern, welche Einfluss auf die Pupille sind. Nach Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt Verengerung ein (durch Reflex auf den Oculomotorius?). Er sendet vasomotorische Fasern, vermuthlich sympathischen Ursprungs, zu den Arterien der Konjunktiva.

c. Er ist der sekretorische Nerve für die Thränendrüse (R. lacrimalis), die Parotis (R. auriculo-temporalis vom hinteren Aste des N. trigeminus), die maxilläre Drüse. Er steht auch in reflektorischer Beziehung zur Sekretion durch Vermittelung des Ganglion linguale und des Gehirnes.

d. Er ist trophischer Nerve für das Auge, Lippen etc., wahrscheinlich Vermittelung der Empfindlichkeit in diesen Organen. Nach der Durchschneidung des N. trigeminus in der Schädelhöhle wird der Augapfel entzündet und schliesslich zerstört. Man kann eine schützende empfindliche Hautfläche künstlich vor das Auge, indem man



das Ohr vor dem Auge befestigt (SKELLEN), so bleibt das Auge gesund. Die innersten Fasern scheinen als trophische Nerven die Hauptrolle zu spielen. Durchschneidet man sie (MEISSNER, SCHIFF), wobei die Empfindlichkeit erhalten bleibt, so entzündet sich das Auge doch leicht, was nicht eintreten soll trotz Empfindungslähmung, wenn der Trigeminus bis auf die innersten Fasern durchschnitten ist (SAMUEL). Nach Durchschneidung des Trigeminus treten Geschwüre im Munde auf. Nach einseitiger Lähmung der Kaumuskeln neigt sich der Unterkiefer nämlich schief und die Zähne drücken reizend auf die Schleimhaut (ROLLETT).

**Nervus facialis.** Er besitzt motorische und sekretorische Fasern. Seine Empfindungsfasern werden ihm (grossentheils) bei seinem Lauf durch das Felsenbein vom Trigeminus abgegeben. Er ist motorischer Nerve für den M. stapedius, die Muskeln des äusseren Ohres, die Muskeln der Stirn mit dem M. corrugator und orbicularis, für die Muskeln der Nase, des Oberlids, des Mundes, der Gesichtsmuskeln, für den hinteren Bauch des M. digastricus, für den M. stylohyoideus, buccinator, Platysma, Muskeln des Kinnes. Auch einige Gaumenmuskeln scheint er zu bewegen. Seine Chorda tympani steht in Beziehung zur Speichelsekretion, in Verbindung mit dem Trigeminus und dem Ganglion linguale. Der Chorda tympani schreibt man auch Geschmacksempfindung zu. Bei Facialislähmung ist das Gesicht der gesunden Seite zu verzerrt.

**Nervus acusticus, Gehörnerv.**

**Nervus glossopharyngeus.** Er ist ein gemischter Nerve. Seine motorischen Fasern (BISCHOFF) gehen zu den Mm. stylopharyngeus, constrictor faucium medius, levator palatini molliß und azygos uvulae. Er scheint das Gefühl in den hinteren Abschnitten der Zunge zu vermitteln, und ist (dort) der Geschmacksnerv. Es steht in reflektorischer Beziehung zur Speichelsekretion. LUDWIG und RAHN reizten das centrale Ende des durchschnittenen Glossopharyngeus und erhielten dadurch lebhaftere Speichelsekretion, welche durch den Trigeminus und Facialis vom Gehirn her vermittelt wurde. Nach der Durchschneidung dieser Nerven hörte die Reflexerregung auf.

**Nervus vagus.** Er hat wahre motorische Fasern. Bei mechanischer Erregung der Wurzelfäden des Vagus kommen in Aktion: Mm. constrictor pharyngis supremus, levator palatini molliß und infimus, der Oesophagus, Muskeln des weichen Gaumens: levator veli palatini, azygos uvulae und M. pharyngopalatinus; der Magen und der obere Theil des Dünndarms, auch der untere Theil und der Dickdarm, sowie der Uterus. Galvanische Reizung des Vagus erregt auch die Kehlkopfmuskeln, die Fasern verlaufen grösstentheils im Larynx: inferior s. Recurrens, der Laryngeus superior giebt einen Zweig an den Cricothyreoideus (N. accessorius), auch einen Einfluss des Vagus auf die Bronchienmuskulatur hat man beobachtet (?). Er besitzt sensible Fasern für die Schleimhaut des Kehlkopfs und der Luftröhre, vielleicht für den ganzen Respirationsapparat. Betupfen der Trachealschleimhaut mit reizenden Flüssigkeiten erzeugt Husten, der nach der Vagusdurchschneidung wegfällt. Er vermittelt die Empfindlichkeit des Herzens.

Am Halstheile des Vagus hat man Folgendes experimentell festgestellt. a. Er reguliert die Herzbewegung, er ist ein Hemmungs-nerv der Herzbewegung. Seine Durchschneidung am Halse beschleunigt, die Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Nerven verlangsamt die Herzbewegung und bringt sie ganz zum Stillstand (der Vagus ist hierin der Antagonist des Sympathikus [BEZOLD]). Er kann zu dieser Funktion motorisch erregt werden (Klopfversuch, GOLTZ). Auch die Reizung des centralen Stumpfes wirkt, wenn der andere Vagus intakt ist, Verlangsamung der Herzbewegung (DONDER). b. Zweig. Nervus depressor, setzt durch Verminderung des Tonus der Gefässwände die Widerstände in der Bluthahn herab. Dieses erfolgt durch centripetal geleitete Reizung, die Durchschneidung des N. depressor ist erfolglos, der Effekt zeigt sich nur bei Reizung des centralen Depressorstumpfes. Andererseits soll der Vagus excitirende Fasern besitzen für das vasomotorische Centrum: depressorische Fasern, namentlich im Laryngeus superior (ALBERT und ROEVER). c. Er steht in reflektorischer Beziehung zum

**Centrum der Athembewegungen.** Bei Durchschneidung des Vagus sinkt die Frequenz. Reizung des centralen Vagusstumpfes bewirkt Beschleunigung, tritt in Inspirationsstellung. Diese Fasern entspringen wahrscheinlich in der Lunge. (A) des centralen Stumpfes des R. laryngeus superior bringt Verlangsamung der Athembewegungen und Stillstand in der Expiration hervor. Seine Durchschneidung verlangsamt die Inspiration (SKLARKE). e. Er soll der trophische Nerve der Lunge sein. Nach seiner Durchschneidung sieht man schleimige und seröse, selbst blutige Ergüsse in den Bronchien und Alveolen, die Lunge ist theilweise atelektatisch. Nach seiner Durchschneidung funktionieren die Kehlkopfmuskeln mit den Stimmbändern nicht. Speicheltheilchen gelangen leicht in die Lunge; daher scheinen jene Erkrankungen zu stammen. f. Nach Durchschneidung der Vagi treten Störungen in der Verdauung ein. Der Grund liegt zum Theil in der Lähmung des Oesophagus- und Magennervs. Die Magensaftabsonderung scheint von ihm unabhängig zu sein. Er soll flüssiges Nahrungsgut durch den Magen zum Dünndarm transportieren. Er soll das Hungergefühl vermitteln, die Speichelsekretion wahrscheinlich vom Magen aus (LUDWIG, S. 6). Er soll die Pankreassekretion soll er hemmende Einflüsse ausüben (LEWIS, S. 6). Er soll dagegen soll er die Nierensekretion und die Zuckerbildung in der Leber anregen. Der Ramus auricularis vagi steht in reflektorischer Beziehung zu der Gefäßmuskulatur (SNELLEN, LOVEN). Die Reizung des centralen Stumpfes desselben bedingt zuerst dann Erweiterung der betreffenden Gefäße.

Zur Erleichterung der Uebersicht sollen noch die Resultate der Durchschneidung und Reizung des Vagus und seiner Zweige am Halse zusammen aufgeführt werden.

Nach Durchschneidung des Vagusstammes am Halse sind die Kehlkopfmuskeln gelähmt, bei beiderseitiger Durchschneidung die Stimmbänder funktionslos. Die Herzbewegungen sind beschleunigt, die Athembewegungen verlangsamt. Die Galleabsonderung in der Leber soll aufhören. Bei Reizung des peripherischen Vagus am Halse kontrahiren sich die Kehlkopfmuskeln, es tritt Stimmritzenkrampf ein. Die Bewegung des Herzens wird verlangsamt, endlich steht es in Diastole still (die Bronchien sollen sich kontrahiren, Kontraktionen des Magens, Darms, Uterus (?) vermehrt werden). Bei Reizung des centralen Vagusstumpfes beschleunigt und verstärkt die Inspirationsbewegung bis zum Inspirationskrampf. Die Zuckerbildung und Speichelsekretion vermehren, dagegen die Pankreassekretion vermindern. Findet die Reizung oberhalb der Vereinigung der depressorischen Nerven des Vagus statt, so tritt allgemeine Verminderung des Blutdrucks ein. Ist der andere Vagus durchschnitten, so wird der Herzschlag verlangsamt.

Ist der Laryngeus inferior durchschnitten, so werden die Kehlkopfmuskeln mit den Stimmbändern gelähmt, Reizung seines peripherischen Endes bewirkt (des Vagusstammes) umgekehrt Kontraktion dieser Muskeln.

Durchschneidung des Laryngeus superior soll die Inspiration verlangsamen (?). Die Reizung seines centralen Stumpfes verlangsamt die Inspiration und unterdrückt sie endlich ganz. Gleichzeitig erhöht sie den Blutdruck durch Kontraktion der Arterien. Reizung des centralen Depressorstumpfes vermindert den Blutdruck durch schlaffung und Erweiterung aller Arterien.

11) Nervus hypoglossus. Er ist wesentlich motorischer Nerve, innerviert die Kehlkopfmuskeln, die Mm. styloglossus, hyoglossus, genioglossus, lingualis, thyrohyoideus, sternothyroideus und omohyoideus. Er hat auch sensible Fasern. Der Ramus cardiacus von unbekannter Bedeutung.

12) Nervus accessorius. Er innerviert die Mm. sternocleidomastoideus, nach BISCHOFF auch die Kehlkopfmuskeln. Sensibilität geht ihm verloren. Man betrachtet ihn als motorische Wurzel des Vagus (LONGLEY, doch läßt sich der Vagus an seinem Ursprunge motorische Fasern (VAN KEMPEN). Durchschneidung des accessorius von seiner Verbindung mit dem Vagus soll, nach Einigen, alle vom Vagus versorgte Muskeln lähmen, doch erregt isolirte Reizung des Vagusstumpfes



im Larynx, im Schlund und der Speiseröhre. Die isolirte Durchschneidung des Vagus soll die Herzbewegung beschleunigen, Reizung sie verlangsamen (HEIDENHAIN).

## II. Rückenmarksnerven.

Jahre 1844 hat der Engländer CH. BELL die Entdeckung gemacht, dass von den beiden Wurzeln, mit denen die 31 Paare der Rückenmarksnerven entspringen, die vordere der Bewegung, die hintere der Empfindung dient. Man nennt die Thatsache, welche sich durch mechanische Reizung und Durchschneidung der Nervenwurzeln innerhalb des aufgebrochenen Rückenkanals nachweisen lässt, **Bell'sches Gesetz**.

MAGENDIE hat zuerst beobachtet, dass sich sensible Fasern von der hinteren Wurzel auch in die vordere begeben und so zum Rückenmark zurückkehren. Sie ertheilen den vorderen Wurzeln eine gewisse Empfindlichkeit, die sich aber nur zeigt, solange die hinteren Wurzeln intakt sind. Durchschneidet man diese und trennt dadurch die »rückläufigen« empfindenden Fasern von ihrer Verbindung mit dem Rückenmark, so hört die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln auf. Man bezeichnet diese Empfindlichkeit der motorischen Wurzeln, welche man erkennt, dem BELL'schen Gesetze keinen Eintrag thut, als »rückläufige Empfindlichkeit, Sensibilité recourante. HARLESS und E. CYON haben gefunden, dass die Vermittelung der hinteren Wurzeln den vorderen eine erhöhte Erregbarkeit ertheilt. Schnitte durch Hirn und Rückenmark bewirkten bei unversehrten hinteren Wurzeln keine Verminderung der Erregbarkeit der vorderen, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln waren sie erregungslos. Die Orte, wo diese Einwirkung von den hinteren Wurzeln auf die vorderen Wurzeln tragen, scheinen danach in der ganzen Rückenmarkssäule vertheilt zu sein.

Allgemein gilt von der Verbreitung der Rückenmarksnerven Folgendes: Es reicht der Verbreitungsbezirk eines einzelnen Rückenmarksnerven nicht über die Mittellinie des Rückenmarks hinaus. Es ergibt sich dieses für den Menschen vor allem aus der Prüfung des einseitig Gelähmten. Jeder Muskel und jedes Hautstück erhalten, wie es scheint, Fasern von verschiedenen Nervenwurzeln, sodass die Lähmung eines Rückenmarksnerven nicht mit Nothwendigkeit eine vollständige Bewegungs- und Empfindungslähmung der von ihm versorgten Theile bedingt (Halblähmung).

Es gilt ziemlich allseitig das Verbreitungsgesetz, dass die sensiblen Fasern eines Rückenmarksnerven sich an die Hautstellen verbreiten, welche über den Muskeln liegen, welche von den motorischen Fasern derselben Nerven versorgt werden.

Die Rückenmarksnerven geben vasomotorische Fasern für die meisten Arterien ab, nimmt vielfach an, dass diese von den Rami communicantes vom Sympathicus aus über die Rückenmarksnerven übertreten, sodass sie also vom Sympathicus aus abstammen (Sympathikus).

Bei den folgenden Nerven ist ebenfalls noch nicht entschieden, was von ihren Effekten dem Sympathicus und was dem Rückenmark zugeschrieben werden muss.

Der Nervus phrenicus, Zwerchfellsnerv. Er ist gemischter Natur, seine Reizung und Durchschneidung ist schmerzhaft. Seine Durchschneidung erzeugt beschleunigtes Athmen, Athemhewerden, die Thiere sterben bald. Nach LUSCHKA gehen Fasern zum serösen Leberüberzug.

Die Nerven der Blase. Die Bewegungsfasern laufen in den Sakralnerven. Die Empfindungsfasern sollen entstammen den Rami communicantes, welche in den Lendentheil des Sympathikus eintreten. OKUL will auf Reizung des centralen Vagusendes reflektorisch eine Verengerung der Blase erhalten haben; die Blasenmuskulatur soll vom verlängerten Mark erregbar sein (S. 508).

Die Nerven des Samenleiters stammen nach BUDGE vom 4.—5. Lendennerven (bei dem Menschen) und verbinden sich durch die Rami communicantes mit dem Sympathicus. Innerhalb des Rückenmarks sollen sie mit einem Centrum genitospinale verknüpft sein. Die 4. verlegt dieses in die Gegend des 4. Lendenwirbels.

Die Nerven des Uterus. Man hat den Uterus von verschiedenen Stellen des Rückenmarks, vom verlängerten Mark, dem kleinen Gehirn, der Brücke, in Bewegung gesetzt. Die

Bewegungen erfolgen am leichtesten vom Lendenmarke aus. Nach Trennung der Aeste der Plexus hypogastrici posteriores hören die rhythmischen Bewegungen auf. Die Reizung der Sakralnerven bringt den Uterus zur Bewegung (siehe KÖRNER) (S. 910).

**Die erigirenden Nerven.** ECKHARD bestätigte die langegehegte Vermuthung, dass die Erektion des Penis durch Rückenmarksnerven zu Stande komme (da die Erektion markscheiden unmöglich ist), dadurch, dass er einen aus dem Sakralplexus entspringenden Nerven kennen lehrte, welcher bei Reizung eine starke Steigerung des Blutstroms im Penis erzeugt.

Der *Nervus pudendus communis* scheint ein Antagonist dieses eben genannten zu sein. Auf seine Durchschneidung folgt nämlich eine Erweiterung der *dorsalis penis* (LOVEN) und die Pulsation in ihr wird lebhafter. Seine Erregung den Blutzufluss zum Penis hemmen, Verminderung der normalen Erregung (Durchschneidung) dieses Nerven die Erektion begünstigen.

### Zur Entwicklungsgeschichte der nervösen Centralorgane und des

Die erste Bildung des Medullarrohres und Gehirns wurde oben beschrieben (S. 38) (KÖLLIKER). Als erste Anlage des Gehirns bildet sich zuerst ganz vor der schliessenden Rückenfurche zunächst eine Erweiterung, hinter welcher dann andere entstehen, welche sich alle drei zu Blasen abschliessen: vordere, mittlere und hintere Hirnblase. Die vordere Blase lässt bald einen grösseren vorderen kleineren hinteren Abschnitt erkennen: das Vorderhirn und Zwischenhirn. Die dritte Blase zerfällt ebenfalls in eine vordere Abtheilung: Hinterhirn, und ein Nachhirn. Nur die mittlere Hirnblase: das Mittelhirn, bleibt einfach. Das Mittelhirn bildet sich zum grossen Gehirn aus mit den *Corpora striata*, dem *Corpus callosum* und dem Fornix. Aus dem Zwischenhirn gehen die Sehhügel und die Theile am Boden des Ventrikels hervor. Die Augenblasen zeigen sich sehr früh an der ersten Linie des vorwiegenden Wachsthum des zwischen ihnen gelegenen Hirnblasenabschnittes. Während des Vorderhirns rücken sie mehr und mehr nach abwärts und hinten und bilden Bestandtheile des Zwischenhirns. Das anfänglich mit allen seinen Theilen kugelförmige Gehirn zeigt bald drei beinahe rechtwinkelige Krümmungen: die Nackenkrümmung an der Uebergangsstelle des Rückenmarks in das verlängerte Mark. Die Bogenkrümmung, an der Grenze zwischen Hinterhirn und Nachhirn, wo in der Folge das Kleinhirn steht. Die Scheitelkrümmung stellt Zwischenhirn und Vorderhirn unter einem rechten Winkel zum Mittel- und Hinterhirn. Diese Gehirnkümmungen entsprechen theilweise den S. 43 erwähnten Krümmungen des Embryonalkörpers, theilweise lassen sich aus dem frühen Auftreten des Tentorium cerebelli zu erklären, welches als fast senkrecht stehende Scheidewand durch die ganze Schädelhöhle darstellt. Mit dem Auftreten des Cerebri entsteht sehr frühe und theilweise an der Gestaltung des Embryons.

Anfänglich liegen die grossen Hemisphären vor dem Zwischenhirn, resp. decken es aber schon im zweiten Monat haben sie sich beim Menschen nach aussen und hinten verlängert, dass sie jene theilweise bedecken. Im fünften Monat werden die Ventrikel des Mittelhirns überwuchert, im sechsten Monat überragt das grosse Gehirn auch die Basis. Die Oberfläche der Hemisphäre ist Anfangs ganz glatt, später faltet es sich in Falten. Im fünften und sechsten Monat sind diese Falten wieder verschwunden, die Oberfläche kommt glatt. Vom siebenten und achten Monat an bilden sich die Faltungen durch Oberflächenwucherung der Hemisphären, ebenso auch am Boden des Ventrikels. Eine erste der sich bildenden Furchen ist die Fossa Sylvii (Fig. 234). Die Furchen des Mittelhirns verengt sich allmählich zum Aqueductus Sylvii. Aus der Basis des Mittelhirns gehen die Hirnstiele. Das Cerebellum entsteht aus zwei Blättchen, welche an den ersten Abschnitten der Ränder der ursprünglichen dritten Hirnabtheilung stehen.



sen und im zweiten Monat in der hinteren Medianlinie zusammenstossen. Dadurch bildet sich eine kleine, horizontalliegende, anfänglich gleichmässig dicke Platte, später verformen sich die Seitentheile mehr. Eine dünne, später schwindende Lamelle (*Membrana obclaturatoria ventriculi quarti*) verbindet um diese Zeit das Cerebellum mit dem verlängerten Hirnstamm und schliesst die Rautengruben ab. Am Ende des dritten Monats wölben sich die Seitentheile des Kleinhirns mehr und mehr auf und erhalten, und zwar zuerst den Vierhornstamm, ihre Lappen und Furchen. Die aus dem Nachhirne sich bildende *Medulla oblongata* zeigt in ihren Perioden eine sehr bedeutende Grösse. Ihre einzelnen Abtheilungen sind schon im dritten Monate erkennbar.

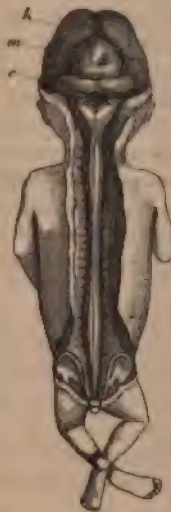
Das Rückenmark füllt anfänglich den ganzen Rückgratskanal aus, vom vierten Monat an bleibt das Rückenmark gegen die Wirbelsäule zurück, doch steht die Spitze bei Abschluss des Embryonallebens noch in der Höhe des neunten Lendenwirbels. Durch das rasche Verlängern sich der Rückenmarkstheile verlängern sich die anfänglich ebenfalls senkrecht abgehenden unteren Nervenwurzeln mehr und mehr, der Verlauf wird ein schiefer, und sie enden endlich mit den 3 Häuten des Rückenmarks die *Cauda equina*. Die Anlage des inneren Baues des Rückenmarks wird durch die beifolgende Figur (254) erläutert.

Nach der Schliessung der Rückenfurche bildet das Rückenmark einen Kanal, dessen Wand aus gleichartigen radiär angeordneten Zellen besteht. In der Folge scheidet sich die Wand in zwei Lagen, von denen die innere die Auskleidung des Centralkanals, die äussere die Auskleidung der grauen Masse darstellt. Die weisse Substanz tritt später als ein von den Zellen der grauen Substanz gelieferter Beleg auf. Während dann der Centralkanal sich, von hinten nach vorn fortschreitend, mehr und mehr verengt, nehmen graue und besonders weisse Substanz fortschreitend an Masse zu. Im zweiten Monat reicht der Centralkanal noch mit dem Epithel bis an die Oberfläche.

Die Rückenmarkshäute sind Produktionen der Urwirbel. *Pia* und *Dura mater* sind beim sechswöchentlichen menschlichen Embryo schon deutlich. Der subarachnoidale Raum ist erst eine spätere, durch das schon erwähnte relativ stärkere Wachstum der Umhüllungen gegenüber dem Marke veranlasste Bildung. Die Arachnoiden ist deutlich gesondert erst im fünften Monat zu unterscheiden.

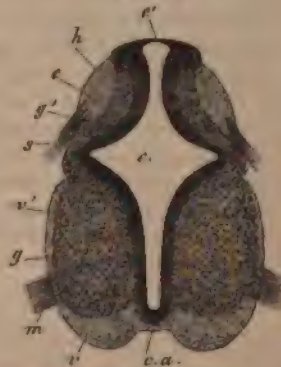
Beobachtungen über die morphologische Entwicklung des peripherischen Nervensystems cf. S. 37.

Fig. 253.



Dreimonatlicher menschlicher Embryo in natürlicher Grösse mit blossgelegtem Hirn und Mark. *h* Hemisphären des grossen Hirns, *m* Mittelhirn, *c* kleines Hirn. An der *Medulla oblongata* sieht man einen Rest der *Membrana obclaturatoria ventriculi IV.*

Fig. 254.



Querschnitt des Halsmarkes eines sechs Wochen alten menschlichen Embryo von 0,55'' Höhe und 0,14'' Breite an breitesten Theile, 50mal vergrössert. *c* Centralkanal, *e* epithelartige Auskleidung desselben, *g* vordere graue Substanz mit einem dunkleren Kern, aus dem die vordere nicht dargestellte Wurzel entspringt, *g'* hintere graue Substanz, *v* Vorderstrang, *h* Hinterstrang, *c.a.* Commissura anterior, *m* vordere, *s* hintere Wurzel, *e'* hinterer Theil des Vorderstranges (sogenannter Seitenstrang), *e''* dünner Theil der Auskleidung des Centralkanals in der hinteren Mittellinie.

## Zur vergleichenden Anatomie der nervösen Centralorgane und Nerven.

**Wirbellose Thiere (GEGENBAUR).** Bei den niedersten animalen Organismen, der wir sind bisher noch keine hierher zu rechnende Gebilde aufgefunden worden, aber bei den festsitzenden Coelenteraten ein Nervensystem bekannt. Dagegen solches die Medusen und Ctenophoren. Bei den Medusen bildet das System einen längs des Scheibenrandes verlaufenden Faserring, der in regelmäßigen ganglienartige, zellenhaltige Anschwellungen erkennen lässt, welche den als zu deutenden Randkörpern entsprechen, und nervöse Fortsätze zu verschiedenen perorganen entsenden (AGASSIZ, F. MÜLLER).

Bei den Würmern zeigt sich der Nervensystem je nach der specielle der Arten verschieden. Seine Centren und seitlichen Abschnitte richten sich der Anordnung nach im Allgemeinen nach der Gliederung des Körpers. Bei den wichtigsten nervösen Centralorgane im Vordertheile des Körpers und umkreisen Munddarm ringförmig: Schlundring, von hier aus strahlen Nervenstämmen in allen Richtungen in die verschiedenen Theile des Körpers.

Auch die nervösen Centralorgane der Echinodermen bilden eine Art. Jedem Radius des Körpers entspricht ein nervöser Hauptstamm, alle laufen gegen einander zusammen und werden hier vorwiegend durch Kommissurenfasern zu einem Ring verbunden. Die wichtigsten nervösen Centralorgane liegen bei diesen Thieren in den Nervenstämmen selbst, welche etwa in der Mitte ihres Verlaufs zu dem von der Ambulacralgehirne bezeichneten Ganglien anschwellen und zahlreiche Nerven abtreten lassen. Sowohl in den Ambulacralstämmen als im Schlundringe selbst zellige Elemente (HÄCKEL).

Während die Echinodermen in Beziehung auf das Nervensystem nicht ganz mit den vorhergehenden Formen anknüpfen, zeigt das Nervensystem der Arthropoden und Anneliden ziemlich analog. Auch bei ihnen lagert über dem Schlunde eine entwickelte Ganglienmasse als Kopfganglion oder Gehirn, welche mit zwei Kommissuren den Schlund umgreifend sich mit einem centralen Ganglion zu einem Nervenschlundring verbindet. Auf der Bauchseite erstreckt sich von dem letztgenannten Ganglion durch Längskommissuren zusammenhängende Ganglienkette: Bauchganglienkette. Nach der Entwicklung der Gliedertheilung des Körpers mehr gleichmässig (Myriapoden) oder mehr oder weniger ungleichmässig erscheint (Insekten, Arthropoden, Krustaceen). Je besser die höheren Sinneswerkzeuge, und unter diesen besonders die Augen, entwickelt sind, um so höher ist die Ausbildung des Kopfganglions (Fig. 150).

Die Ganglien der Bauchganglienkette sind ursprünglich paarig angeordnet, werden aber meist mehr oder weniger vollständig je zu einem grösseren Ganglion. Ganglien oder hier und da auch von den Kommissuren derselben treten die peripheren ab. In der Regel entspringen die Nerven der höheren Sinnesorgane (Antennen) von dem Kopfganglion. Die Hörorgane sind dagegen ihrer verschiedenen Beschaffenheit entsprechend mit verschiedenen Nerven verbunden. In die Nerven der Extremitäten sind Ganglien eingebettet, sodass sie ein gewissermassen selbständiges System bilden, welches funktionell mit dem Sympathicus der Wirbelthiere verglichen werden kann.

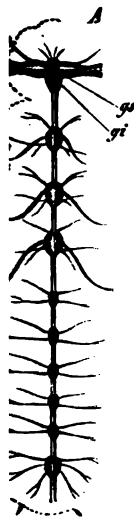
Bei den Mollusken findet sich ebenfalls ein Nervenschlundring. Am Anfang des Darmrohrs liegt eine paarige Ganglienmasse auf, unter dem Schlund liegt ein paarig gegliedertes Ganglion, alle stehen unter einander durch ringförmig angeordnete Verbindungsstränge in Zusammenhang. Aus dem Schlundring geht das peripherische Nervensystem hervor, in welches häufig zahlreiche kleine Ganglien eingelagert sind.

Bei den Wirbelthieren lagern die Centralorgane des Nervensystems in einem Kanal des Rückenmarks gelegen, von dem oberen Bogen des Rückenmarks derselbe Kanal. Man trennt das nervöse Centralorgan in Rückenmark und Gehirn.



ersten Formen der Wirbelthiere (Myxinoiden) wird diese Trennung undeutlicher. Im meinen stehen Rückenmark und Gehirn im umgekehrten Verhältniss der Ausbildung,

Fig. 255.



system von Insekten. *A* von *Termes* (nach *LESPEZ*). *B* eines Käfers (*eus*). *C* einer Fliege (nach *BLANCHARD*). *gs* Oberes Schlundganglion (Ganglion). *gi* Unterer Schlundganglion. *gr* *g*<sup>2</sup> *g*<sup>3</sup> Verschmolzene Ganglien des Bauchmarks. *o* Augen.

Fig. 256.



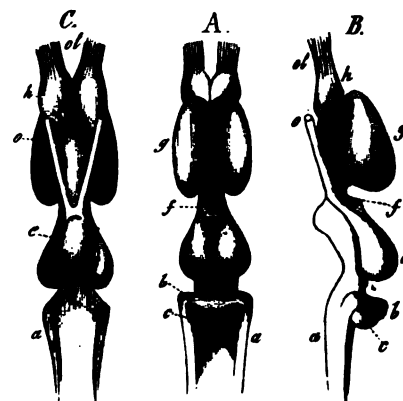
Nervensystem von *Acolidia*. *a* obere Schlundganglien. *b* Kiemenganglien, zum Theil die unteren Schlundganglien, die den oberen direkt angefügt sind, verdeckend. *t* Ganglion des Tentakelnerven. *n* Nerventämme zum Fusse.

an niederen Wirbelthierklassen überwiegt ersteres in seiner oft beträchtlich, am deutlichsten zeigt sich das entgegengesetzte Verhalten bei dem Rückenmark und Gehirn des Menschen.

Die Gehirne der Fische bieten in ihren niedersten Formen (Cyclostomen und unteren vor allen Myxinoiden) die einfachsten Verhältnisse dar, die einzelnen Abschnitte verhalten sich bei ihnen ziemlich gleichartig. Bei höher entwickelten Fischen zeichnet sich das Gehirn meist durch eine ansehnliche Entfaltung der *Bulbi olfactorii* aus, welche als wahre Gehirnlappen erscheinen.

Unter den verschiedenen Abschnitten des Gehirns ist das dem Cerebellum entsprechende Nachhirn am wenigsten entwickelt, es bildet nur eine quer über die Rautengrube verlaufende Commissur, von der Mitte ragen öfters nach vorn mehrere Protuberanzen in die Rautengrube vor (Fig. 257). Sowohl bei den Ganoiden als bei den Teleostiern füllt den grössten Theil des Schädelinnenraumes ein fettzellenhaltiges Gewebe aus, zwischen dem Periost der Schädelhöhle (*Dura mater*) und der eigentlichen fetthaltigen Gehirnhülle (*Pia mater*) gelagert, nach der Arachnoidea der höheren Wirbelthiere entsprechend. Analog dringt er auch in

Fig. 257.



Gehirn von *Polypterus bichir*. *A* Von oben. *B* Seitlich. *C* Von unten. *A* *Lobi olfactorii*. *g* Vorderhirn. *f* Zwischenhirn. *d* Mittelhirn. *b* *c* Hinterhirn. *a* Nachhirn (*Medulla oblongata*). *ol* *N. olfactorius*. *o* *N. opticus*. (Nach *J. MÜLLER*).

die Rückgrathöhle vor. Bei manchen Fischen (Selachiern, z. B. *Carcharias*) ist das Mittelhirn durch «Faltung der Oberfläche» (cf. oben Entwicklungsgeschichte) in drei Windungen. Die *Medulla oblongata* zeigt bei den Fischen eine bedeutende Anzahl weitere Differenzirungen, so erhält sich als ein grosser, zweitheiliger Lappen *tricus*, z. B. bei den elektrischen Rochen am *Sinus rhomboidalis* ein Theil des Daches.

Bei den Amphibien zeigt das Vorderhirn eine Theilung in zwei Hemisphären, vorne sitzen, mehr oder weniger vom Vorderhirn differenzirt, die *Lobi olfactorii*. Das Cerebellum (Nachhirn) zeigt noch keine höhere Entwicklung (Fig. 258).

Schon bei den Fischen ist eine Beugung am Zwischen- und Mittelhirn zu sehen. Bei den Reptilien tritt sie noch deutlicher hervor, und in der Region des Nachhirns

Fig. 258.



Gehirn und Rückenmark des Frosches. A Von oben. B Von unten. a Bulbi olfactorii. b Vorderhirn (Hemisphären). c Mittelhirn (Vierhügel). Zwischen b und c die Sehhügel. d Hinterhirn (Kleinhirn). e Nachhirn. f Infundibulum. g Rautengrube. m Rückenmark. t Filum terminale desselben.

zweite Beugung hinzu. Das Vorderhirn lagert entwickelte Hemisphären, an die sich nach oben an die *Lobi olfactorii* anschliessen, über das Mittelhirn zeigt eine flache Längsfurche. Bei den Schildkröten ist das Hinterhirn noch wenig höher, bei den Schildkröten wird es breiter, und bei den Vögeln beginnt eine Trennung in zwei Hemisphären. Nähert sich das Gehirn der Vögel dem der Säugethiere, indem hier das Cerebellum das Nachhirn bedeckt und sein mittlerer Abschnitt eine deutliche von querstehenden Blättern besitzt (Fig. 259). Man findet sich Andeutungen von wahren Windungen der Hirnoberfläche. Die *Corpora striata* zeigen sich bei den Amphibien, sie sind bei den Reptilien stärker entwickelt, bilden als von der seitlichen Wand in die Gehirnmasse einwuchernde Ganglienmassen bei den Vögeln ein Theil des Vorderhirns.

Bei dem Gehirn der Säugethiere rücken die *Lobi olfactorii* an die Unterseite des Gehirns. Die Furchung, welche die Hemisphären trennt, zeigt auch eine beträchtliche Tiefe. Die hinteren Abschnitte des Gehirns entwickeln sich mehr und mehr. Am tiefsten ist das Gehirn der Monotremen und Beuteltiere. Bei den höheren Affen überlagert das Vorderhirn das Cerebellum (Hinterhirn), es bildet sich dabei aus der Verbindung der Seitenventrikel aus, in welche der *campi minor* (Mensch, Orang) hineinragt. Bei den

Fig. 259.



A Gehirn einer Schildkröte (nach Bojanus). B Eines Vogels. Senkrechte Medianschnitte. f Mittelhirn. g Hinterhirn. h Nachhirn. a Olfaktorius. b Optikus. c Hyperphysis. d Commissura anterior. e Commissura posterior.



Bei Insektenfressern werden die Vierhügel nicht vollkommen bedeckt. Die Oberfläche der grossen Hemisphären ist entweder glatt oder zeigt mehr oder weniger denen des Menschen entsprechende Windungen. Ganz glatt ist die Oberfläche der Hemisphären bei Ornithorynchus, bei carnivoren und insectivoren Beutlern und Edentaten. Spuren von Windungen zeigen sich bei Echidna, den meisten Nagern, Insektivoren, Chiropteren, bei den Prosimiae und Arctopithecii. Besser entwickelt sind sie bei den Carnivoren, dann bei den Cetaceen und Ungulaten. Bei den meisten Affen ist ihre Anordnung einfacher, bei den höheren Affen nähern sie sich mehr und mehr denen des Menschengehirns. Bei Delphinen und Elephanten sind die Windungen sehr zahlreich. Auch die Windungen des Cerebellum zeigen bedeutende Mannichfaltigkeiten, ihre Anordnung ist bei Ungulaten sehr auffällig und unsymmetrisch. Bei Carnivoren findet sich Verknöcherung des Tentorium cerebelli. Durch Offenbleiben der Medullarrinne bildet sich auf der Lendenanschwellung des Rückenmarks der Vögel eine rautenförmige Einsenkung (Sinus rhomboidalis). Das Rückenmark füllt nicht den ganzen Winkelkanal aus, beim Frosch und bei Vögeln findet sich wie bei Säugern eine Cauda equina.

Unter den Gehirnorganen verdient noch das Chiasma nervorum opticorum einige Erwähnung. Es findet sich in verschiedener Entwicklung. Bei den Cyclostomen verlaufen die Optici jederseits zu dem betreffenden Auge und verbinden sich nur nahe an ihrer Austrittsstelle aus dem Gehirn durch eine Kommissur. Neben der Kommissur findet eine vollständige Durchkreuzung statt bei den Knochenfischen. Indem der eine meist über den andern gekreuzt, gelangt der Optikus der rechten Hirnseite zum linken, der der linken Seite zum rechten Auge. In einigen Fällen, z. B. bei Clupea tritt der eine Optikus durch eine Spalte zwischen den anderen hindurch. Bei den übrigen Fischen und Wirbelthieren scheint immer nur eine teilweise Kreuzung vorzukommen.

## II. Sympathikus.

### Zum Bau des Sympathikus.

Wir finden an vielen Stellen des Körpers ausserhalb der eigentlichen nervösen Centralorgane Ganglienzellen einzeln oder in Gruppen vereinigt mit Nerven in Verbindung stehend; wir können nicht umhin, auch diese Gebilde für wirkliche Centralorgane von ähnlicher Dignität, wie die im Rückenmark und Gehirn liegenden, zu halten.

Diese Ganglienzellen (Fig. 260) finden sich vor allem an den der Willkür entzogenen Bewegungsorganen und Sekretionsorganen des Körpers also vor allem an den Drüsen in den glatten Muskelfasern; sie bewegen den Darm und alle Eingeweide, das Herz (der einzige Fall der Beeinflussung quergestreifter Muskelfasern durch den Sympathikus) etc., sie kommen aber auch sonst am peripherischen Nervensystem in ziemlicher Menge vor. In den nervösen Endapparaten der Sinnesorgane treffen wir überall auf Zellen, welche sich durch den Zusammenhang mit den Nervenfasern als wahre Nerven- oder Ganglienzellen dokumentirten.

Die genannten Bewegungsorgane haben in ihren Ganglienzellen gleichsam eine eigene Gehirne und Rückenmarke, die ihre Bewegungen vermitteln, auch wenn die betreffenden Organe dem Einfluss der grossen Nervencentren entzogen sind. Ein ausgeschnittenes Froschherz schlägt noch, angetrieben durch die in ihm gelegenen Ganglien, stundenlang fort; nach der Zerstörung des Rückenmarkes bei Fröschen haben die organischen Vorgänge der Verdauung, der

zwei Äste der Cerebrospinalnerven betrachten, welche vor ihrer Verzweigung aus den Ganglien neue Elemente beigemischt erhalten. Indem sich die einzelnen nach den Wirbelsegmenten geordneten Ganglien durch Kommissuren verbinden, kommt die Bildung der Grenzstränge des Sympathikus zu Stande.

Die Ganglien oder Nervenknotten des Sympathikus (S. MAYER) sind von einer bindegewebigen, Blutgefäße führenden Hülle, welche Fortsätze in das Innere zwischen die einzelnen Zellen entsendet, umschlossen. Jedes Ganglion hat einen zu- und einen abtretenden Nerven, deren Fasern die Nervenzellen meist sehr unregelmäßig umlaufen.

Die sympathische Ganglienzelle zeigt im Allgemeinen die Eigenschaften der spinalen Nervenzellen, doch finden sich je nach ihrer Lagerung ziemliche Verschiedenheiten. Am öftesten ist ihre Gestalt oval, rund, birnförmig, spindelförmig, manche zeigen eine rechteckige Begrenzung (im Ganglion coeruleum (BIDDER) und an anderen Orten (S. MAYER)). Die sympathische Ganglienzelle besitzt keine Zellmembran, doch ist sie von einer bindegewebigen, der ANN'Schen Nervenscheide analogen Kapsel umgeben, welche nach FRÄNZEL Menschen und verschiedenen Thieren auf der Innenfläche ein polygonales Epithel trägt. Vom Kern und Kernkörperchen ausstrahlend finden sich in der Zellsubstanz zahlreiche Fibrillen, Fädchen (ARNOLD, COURVOISIER, S. MAYER), welche die oft doppelt in einer Zelle vorkommenden Kerne mit einander in Ver-

Fig. 264.

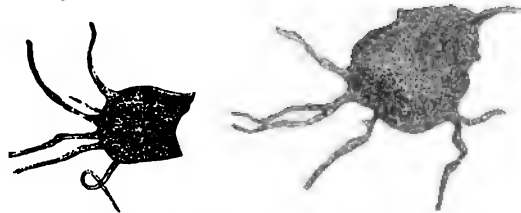
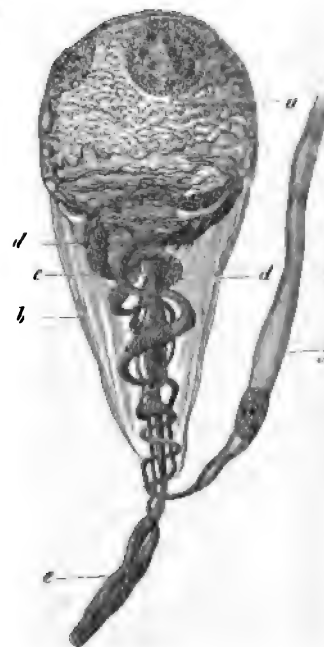


Fig. 264. Multipolare Zellen, eine vom Kind, eine vom Erwachsenen.

eingesetzt (BIDDER, S. MAYER).

KÖLLIKER u. A. behaupten das Vorkommen von sympathischen Zellen. An der Mehrzahl derselben lassen sich aber sicher mehrere Ausläufer nachweisen, denen der cerebrospinalen Zellensprache entsprechend. Doch ist die Anordnung der Äste meist eine andere als bei jenen. Nur hier scheint ein Axencylinderfortsatz oder sogar mehrere neben verästelten Fortsätzen aus der Zelle hervorzutreten. Oft entspringen (bei Fröschen und Säugethieren) aus dem schmalen Ende einer förmig gestalteter Nervenzellen zwei Fasern, eine läuft in gerader Richtung fort: gerade Faser, die andere legt sich in mehr oder weniger ausgesprochenen Spiraltouren um die erstere herum: spiralfaser. Beide gehen schliesslich in wahre Nervenfasern über und trennen sich in ihrem

Fig. 262.



Ganglienzelle aus dem Sympathikus des Laubfrosches (nach BEAL). a Zellkörper; b Hülle; c gerade nervöse Faser und d spiralfaser; Fortsetzung der ersteren e und der letzteren f.



weiteren Verlauf (BEALE, ARNOLD, COURVOISIER, KOLLMANN u. A.). Die Faser soll aus dem Kern oder Kernkörperchen entspringen. Die Spirale soll aus dem in der Zelle gelegenen Fasernetze hervor. Nach COURVOISIER sollen Verschnittversuche die gerade Faser cerebrospinal, die Spirale pathisch sein, BIDDER nimmt das Gegentheil an.

Im Sympathikus finden sich alle Gattungen von Nervenfasern, von den dünnen und mitteldicken markhaltigen Fasern und die oben beschriebenen verschiedenen Formen markloser Fasern.

**Zur vergleichenden Anatomie.** Den Leptocardiern scheint das sympathische System zu fehlen, auch bei den Cyclostomen ist sein Verhalten noch wenig aufgeklärt. Bei Fischen findet sich bei den Selachiern der Grenzstrang längs der Leibeshöhle, bei den Teleosteiern ragt er in die Caudalregion. Wenig ausgebildet ist der Grenzstrang bei den Säugethieren, die besitzen auf grössere Strecken einfache Rami intestinales. Bei Krokodilen und Vögeln ist am Halstheile die Längsstämme, der Hauptstamm liegt im Vertebratensystem, der Sympathicus medius begleitet die Carotiden, hängt aber an mehreren Stellen Verbindungen mit dem tieferen Strange zusammen. Ein analoges Verhalten zeigen die Säugethiere. Bei Säugethieren lagert der Sympathikus ähnlich wie bei den Menschen. Das sympathische Nervensystem der wirbellosen Thiere (Arthropoden) cf. oben S. 909.

### Physiologische Wirkungen des Sympathikus.

Die Physiologie des Sympathikus stimmt in ihren Grundzügen mit der des cerebrospinalen Systems überein. In Beziehung auf die Reiz- und Durchdringungsvorgänge am Sympathikus muss daran erinnert werden, dass die Reize nur den Durchtritt von Fasern mit gewissen physiologischen Funktionen erweisen, über deren (wohl meist cerebrospinalen) Ursprung aber Nichts aussagen.

Unter den im Sympathikus verlaufenden Nervenfasern können wir sensorische, motorische und excitomotorische Fasern unterscheiden. Man kann in Beziehung auf die Reflexthätigkeitserregung die centripetalen Fasern zu nennen pflegt. Der wesentlichste Unterschied, der zwischen beiden Systemen existirt, ist die mangelnde Verbindung der motorischen Fasern mit den Bewegungskentren des Willens, (die von ihnen veranlassten Bewegungen sind unwillkürlich) und dann die geringe Wegsamkeit, die sensiblen Bahnen — Nervenfasern — zeigen, mit denen der Sympathikus Empfindungsmittelpunkten des Sensoriums zusammenhängt. Die Reize sind sehr starke, krankhafte sein, bis einmal die durch sie gesetzte Verbindung zwischen den sensiblen Fasern zum Bewusstsein gelangen kann.

CL. BERNARD giebt an, im Systeme des Sympathikus selbst einen Reflexvorgang aufgefunden zu haben. Es ist uns bekannt, dass auf Gesehe der Schleimhaut des Mundes, die Speichelsekretion in gesteigertem Masse sich geht. Man kann sich diesen Vorgang veranschaulichen, indem man sich vorstellt, dass von den sensiblen Mundnerven aus ein Bewegungsvorgang abläuft, der auf die sekretorischen Fasern der Speicheldrüsen wirkt. Die Submaxilläre erhält wie die anderen Speicheldrüsen ihre Nerven aus zwei Quellen, aus dem sympathischen und cerebrospinalen. Die letzteren verlaufen für sie in der Lingualis, das betreffende Stück des letzteren wird Truncus lingualis genannt.

is genannt. Von diesem treten die Nerven in das Ganglion submaxillare 1 von da in die Drüse. Mit der Durchschneidung des Truncus tympanico- is ist also die Verbindung der Drüse mit dem Centralnervensystem aufgetrotzdem findet der Reflexvorgang auf Reizung hier auch dann noch statt, 2weise, dass derselbe in den Ganglion submaxillare selbst, dem einzigen 3brigen nervösen Centralorgane, seinen Sitz hat. ECKHARD zweifelt jedoch 4xperimenten die Thatsache an (S. 909).

usser diesem noch zweifelhaften Reflexvorgange, finden sich im Sym- is auch noch automatische Bewegungs- und Sekretionscentren. 7ir haben schon die allein vom Sympathikus abhängenden Bewegungen des 8hnuttenen Herzens erwähnt. Die Forschung unterscheidet zwei solche 9tische Centren im Herzen, die in ihrem Thätigkeitserfolge einander ent- 0esetzt sind. Das eine automatische Centrum bewirkt durch seine Erregung 1rhythmischen Bewegungen des Herzens. Das andere wirkt hemmend auf die 2das erste eingeleiteten Bewegungen.

3ir haben hier ein Beispiel der Thätigkeit jener eigenthümlichen Nerven- 4, welche durch ihre Erregung, anstatt Thätigkeit der mit ihnen verbundenen 5auszulösen, bestehende Bewegungen in ihnen verlangsamt oder vernich- 6er sogenannten Hemmungsnerven. Wir lernten als ein derartiges ner- 7Organ das Reflexhemmungscentrum im Gehirne kennen, wodurch der Wille 8ebrospinalen Nervenbahnen Bewegungen zu unterdrücken vermag. 9aben wir ein Hemmungsorgan im sympathischen Systeme im Herzen selbst 0, auf seiner Thätigkeit beruht die regelmässige Rhythmik der Herzbewe- 1, stärkere Reizzustände in ihm können die Herzbewegung sogar vollkommen 2en machen. Der Vagus besitzt einen Einfluss auf dieses Hemmungscen- 3m Herzen, indem seine Erregung die Erregung desselben und damit Ver- 4mung und schliesslich völliges Aufhören der Bewegungen des Herzens ver- 5t. Der Vagus wird dieser Wirkung wegen als Hemmungsnerve beschrieben. 6usser dem Vagus und dem Reflexhemmungscentrum wird noch ein Hem- 7nerve dem sympathischen Systeme zugerechnet. PFLÜGER fand, dass Rei- 8des Splanchnicus major die peristaltischen vom Sympathikus ab- 9hen Bewegungen des Darmes aufhebt (S. 322).

Wir sahen im cerebrospinalen Systeme die einzelnen Bewegungen der von 1hängigen Organe zu für den Organismus zweckmässigen Bewegungsgruppen 2nden, und sahen, dass wir dafür Koordinationscentren voraussetzen 3n, welche besonders leicht durch einen einzigen äusseren Anstoss in Ge- 4thätigkeit gerathen können. Solche geordnete Bewegungen zeigen auch die 5ympathikus versorgten Organe, sodass wir auch in ihm angeborene Koordi- 6scentren voraussetzen müssen. Eine solche koordinirte Bewegung zeigt, 7ir gesehen, besonders das Herz, dessen einzelne Abschnitte sich in zweck- 8ger Reihenfolge zusammenziehen und erschaffen. Auch die peristaltischen 9bewegungen sind dafür ein Beispiel, bei denen auch in einer für den Ge- 0torganismus, für die Fortbewegung des Darminhaltes zweckmässigen Weise 1ie Kontraktionen über das gesammte Darmrohr hinwegziehen. Auch die 2ktionen der übrigen Eingeweide, z. B. des schwangeren Uterus bei der Ge- 3sind hierher zu rechnen.

Das sympathische System steht, obwohl wir gesehen haben, dass es die



direkten Willenseinflüsse ausschliesst, doch in vielseitigem Zusammenhange mit dem cerebrospinalen Systeme. Die Einwirkung des Vagus auf die Herzthätigkeit ist dafür ein experimenteller Beweis, ebenso die Einwirkung der Sensitivität der Mundschleimhaut auf die Submaxillardrüse. Auch vom sympathischen Systeme aus werden fort und fort cerebrospinalen Nervencentren Zustände zugeleitet. Wir sprachen schon von der Einwirkung der durch das Athemcentrum zugeleiteten Erregung, welche zum Theil im sympathischen Systeme, das die Eingeweide innervirt, ihren Grund hat.

Auf den Bahnen des Sympathikus werden der glatten Muskulatur und den Gefässen die cerebrospinalen Erregungen zugeleitet. Ihr normaler Zustand, in dem wir sie in normalem Verhalten immer verharren sehen, ist von der Einwirkung des Sympathikus abhängig; in ihm leben nach deren Durchschneidung sich die Gefässe durch Erschlaffung in den erweiterten Zustand, die nun dem Blutdruck nachgeben, erweitern. Das bekannteste experimentelle Beispiel für diese Wirkung des Sympathikus ist der Erfolg bei der Durchschneidung am Halse (CL. BERNARD), auf welche eine Erweiterung der Gefässe, mit gesteigerter Wärmeabgabe an den davon betroffenen Theil des ganzen betroffenen Kopfes erfolgt. Reizt man dagegen den Sympathikus, ziehen sich die von der gereizten Stelle versorgten Arterien zusammen, gleichzeitig zeigen sich dabei natürlich seine Einflüsse auf alle von ihm versorgten Organe. BEZOLD zeigte, dass Sympathikusreizung am Halse den Herzschlag beschleunigt. Wir sahen, dass gleichzeitig die Speichelsekretion erregt wird und eine veränderte chemische Richtung erhält, dass die Pupille erweitert.

Da die Bewegungen der Eingeweide von dem Sympathikus vermittelt werden, so ist es verständlich, wie die Reizung des Brust- und Bauchtheils sowie sein Plexus derartige Bewegungen hervorbringt: Bewegungen der Harn- und Geschlechtsorgane, gleichzeitig mit Beeinflussung der Muskulatur. Auch die Milz soll sich durch Reizung des Plexus lienalis zusammenziehen und verkleinern.

Der Sympathikus hat sekretorische Fasern für die Speicheldrüsen, die Thränendrüse. Einflüsse auf eine Anzahl anderer Sekretionen sind ihm zugeschrieben.

Ausser den bisher besprochenen Wirkungen werden dem Sympathikus trophische, ernährende Einflüsse auf die Organe zugeschrieben. Man glaubt, dass eine regelmässige Innervation vom sympathischen Systeme aus nothwendig sei, um die Organernährung in richtiger Weise vor sich gehen zu lassen. Man deutet in diesem Sinne die allgemeine Verbreitung der sympathischen Fasern, die sich sogar in die cerebrospinalen Nervencentren zu ziehen, hineinbegeben. In gewissem Sinne können auch den motorischen Fasern trophische Einflüsse zugeschrieben werden. Wir wissen, dass im Nichtgebrauch, also mangelnde Innervation die Organe atrophiren, verkleinert werden lässt. Die Durchschneidung der motorischen und sekretorischen Fasern führt stets Ernährungsstörungen in den gelähmten Organen im Gefolge.

## Zusammenstellung der Versuchsergebnisse über die Sympathikuswirkung.

### I. Kopftheil des Sympathikus.

Reflexvorgang im Ganglion submaxillare (G. linguale) (BERNARD). Wenn man den lingualis (Truncus tympanico-lingualis) vor seiner Verbindung mit dem Ganglion seziert, sodass dadurch der Zusammenhang des N. lingualis mit dem Gehirn, nicht dem Ganglion aufgehoben ist, so kann man durch chemische und elektrische Reize peripherischen Zweige dieses Nerven noch Speichelabsonderung erregen. ECKHARDT hat die Wirkung der chemischen Reize an, und will die auch von ihm gesehene Wirkung elektrischen Reizung auf Stromschleifen zurückführen, welche die Speichelnerven erregen.

### II. Halstheil des Sympathikus

Wirkung des Sympathikus auf die Pupille. Nach nicht zu tiefer Durchschneidung des Grenzstranges beobachtet man, wenn die durch den Reiz der Durchschneidung gesetzte Erweiterung vorüber gegangen ist, bleibende Pupillenverengung. In den centralen Sympathikusstumpf, so tritt Pupillenerweiterung ein. Die Verengung der Pupille erfolgt also durch das Aufhören eines durch den Sympathikus geleiteten Reizes (VALENTIN, BIFFI). BUDGE fand, dass auf Reizung die Erweiterung der Pupille bei Meerschweinchen und Hunde nur vom unteren Halsganglion aufwärts erfolgt, und dass die aufsteigenden, die Pupille beeinflussenden Fasern aus dem Rückenmark kommen, und zwar direkt aus dem Stücke desselben, das zwischen den ersten drei Brustganglien eingeschlossen ist: Centrum ciliospinale; über ein höher gelegenes Centrum in der Halsfunktion cf. oben (S. 748). Auch auf Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt eine Pupillarverengung in noch höherem Grade als nach Sympathikusdurchschneidung. Reizung des centralen Sympathikusstammes hat ein Hervortreten des Augapfels aus der Augenhöhle: Exophthalmus, zur Folge.

Durchschneidung des Sympathikus am Halse erhöht die Temperatur am Hals. Es erfolgt dieses durch Lähmung der Gefäßmuskeln und dadurch gesteigerter Blutandrang (vasomotorische Fasern, aus dem Cerebrospinalsystem). Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Halssympathikusstammes erregt Absonderung in den Speicheldrüsen und der Thränendrüse (sekretorische Fasern).

Reizung des Sympathikus am Halse erfolgt Beschleunigung des Herzschlages (beeinflussende Fasern für das Herz).

Es wird von den Brüdern CYON angegeben, dass durch den dritten Ast des unteren Halsganglions (und das häufig mit demselben vereinigte Ganglion stellatum, das Brustganglion) beschleunigende Fasern zum Herzen geleitet werden. Der zweite Ast sollen die Ursprünge der depressorischen Fasern sein. In dem Hals-Sympathikus sollen auch sogenannte pressorische Fasern verlaufen, welche das cerebrospinale Gefäßcentrum erregen. Er soll auch zum Cerebrospinalsystem verlaufende Fasern für die Herzbewegung enthalten (cf. Herz- und Gefäßnerven).

### III. Brust- und Bauchtheil des Sympathikus.

Der oberste Brustganglion, Ganglion stellatum, das oft mit dem letzten Halsganglion vereinigt ist, führt beschleunigende Nervenfasern dem Herzen zu, sie gelangen in den Halsgrenzstrang und durch die mit der Arteria vertebralis verlaufenden Fasern zum Ganglion (A. von BEZOLD und BEVER). Der Plexus cardiacus enthält vom und zum Herzen verlaufende Nervenfasern vom Vagus, Depressor, Sympathikus.

Die viscerosplanchnici. Sie sind überwiegend cerebrospinaler Natur (RÖDIGER). Sie üben eine hemmende Einwirkung auf die Darmbewegungen, die sie aber (LUDWIG, NASSE) in bestimmten Umständen auch anregen können. Sie erregen rhythmische Arterienkontraktionen



und steigern dadurch den Druck im arteriellen Blutgefäßsystem (Bazold), und haupt die vasomotorischen Fasern für die Unterleibsgefäße. Sie sollen auch laufende Fasern haben, welche reflektorisch hemmend auf das Herz wirken. Hauptet (BERNARD), dass nach Durchschneidung des Nervus splanchnicus major der Harn reichlicher aus den Ureteren abflüsse; Reizung des peripher vermindere den Harnabfluss. d) GRÄFE und ECKHARD behaupten, dass nach Durchschneidung Zucker im Harn auftrete.

Ganglien des Grenzstranges. Nach BERNARD sollen die Fasern, welche theile des Sympathikus verlaufend die Gefäßweite und Temperaturabgabe im Kopf reguliren (cf. oben) wahrscheinlich vom zweiten Ganglion des Bruststrangs für die vorderen Extremitäten sollen die Fasern mit der gleichen Funktion im Brustganglion austreten. Vielleicht haben die übrigen Ganglien in der Brust Aufgabe für Brust und Rücken. Die Regulirung der Temperaturabgabe und der unteren Extremitäten (BERNARD) erfolgt durch Wirkung der Ganglien, welche mit dem Lumbosacralgeflecht in Verbindung stehen.

Reizung des Bauchtheils des Grenzstrangs und seiner Plexus nachharten Organen Bewegung veranlassen oder vorhandene verstärken. In den Uteren, Harnblase, Uterus, Samenblasen sollen unter diesem Einfluss stehen. Nach Durchschneidung sah man Cirkulations- und trophische Störungen. Auf Exstirpation des Ganglion cardiacum beobachtete LAMANSKI temporäre Verdauungsschwäche (Entleerung der Nahrung). Eine Reihe von Forschern (FRANKENHÄUSER u. A.) haben sich mit der Kontraktionen des Uterus beschäftigt. Sie treten ein durch Reizung der Nerven gastrici, aber ebenso durch Reizung am ganzen Rückenmark und am Kleinhirn. Die cerebros spinalen Fasern des Uterus vorzüglich aus dem Abschnitt, der dem letzten Brustwirbel und dem ersten Kreuzwirbel entspricht (S. 898).

Die Nebennieren werden von Einigen dem sympathischen Systeme beigezählt, weil sie reich an Nervenzellen sind. Nach ADDISON stehen sie mit der Pigmentbildung in unauflöslichem Zusammenhang, ihre Entartung soll eine abnorm dunkle Färbung der Haut veranlassen (Bronzed skin, Addison'sche Krankheit).

# Physiologie der Zeugungsdrüsen.

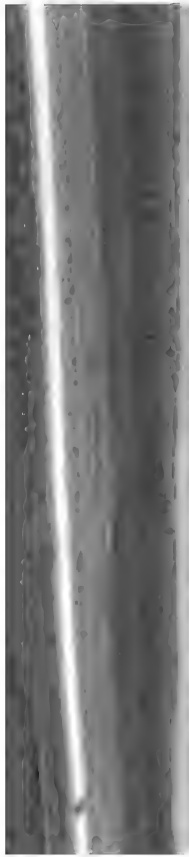
## Siebenundzwanzigstes Kapitel.

### Die Zeugungsdrüsen. Hoden und Eierstock.

#### Die Funktion der Zeugungsdrüsen.

Die Zeugungsdrüsen sind in ihrer Funktion wesentlich von den bisher bekannten Drüsen verschieden. Ihre Bestimmung ist nicht wie die fast aller Körperorgane auf die Erhaltung des Individuums, sondern auf die Erhaltung und Fortpflanzung seiner Art gerichtet. Und auch noch weitere nicht weniger greifende Unterschiede scheinen zu existieren. Während die Mehrzahl der Drüsensekrete amorphe Flüssigkeiten sind, erscheinen die Zeugungsdrüsen als das Wesentliche der Ausscheidungen, geformte Bestandteile, Zellen oder Körper von der Dignität einer Zelle, die Eizellen und Spermienfäden, die nach den neuesten Beobachtungen als »kleine Flimmerkerne« (PFLÜGER) bezeichnet werden dürfen. Die amorphen Drüsensekrete haben nicht gewisse chemische Wirkungen auf Bestandtheile des Organismus oder auf die zur Einverleibung in den Körper bestimmten Nahrungsstoffe; die Thätigkeit der Zeugungsdrüsen gipfelt sich dagegen in formativen Leistungen. Wir sehen männliche und weibliche Keimzellen mechanisch aneinander verschmelzen, um die Grundlage eines neuen Zellenbaues zu werden. Wir dürfen hier aber nicht vergessen, dass die Thätigkeit auch einer Reihe anderer Drüsen, der Lymphdrüsen und Blutbildungsdrüsen vornehmlich in der Produktion von Zellen besteht, die kaum weniger als die einzelnen Zellen bis zu einem gewissen Grade ein individuelles Leben führen. Wir finden die Lymphzellen physiologisch umgestaltend, z. B. auf die in der Verdauung aufgenommenen Flüssigkeiten einwirken, denen sie erst das Gepräge des Lebens mittheilen; die Beobachtungen CONNHEIM's haben uns gelehrt, dass solche aus dem Gefäßsystem in die Gewebe ausgetretene und dadurch gleichsam selbständig lebende Zellen, ihr individuelles Leben noch weiter dokumentiren durch Bildung neuer Zellen, die sich sogar an dem Gewebsaufbau betheiligen können. Der Unterschied zwischen den formativen Leistungen der Keimzellen und der Zellen anderer Drüsen und Körperorganen scheint also vor allem darin zu beruhen, dass die letzteren doch meist nur Zellen produciren, die den Mutterzellen analog sind, während die Vermehrung der Keimzellen die verschiedenartigsten Zellen, Organe hervorbringt, welche alle sich zu einem Gesamtorganismus vereinigen, derselben Art, wie diejenigen von denen die Keimzellen stammten.





Keine kann keinen Einwurf begründen. Die Betrachtung des ersten Kapitels hat uns schon gezeigt, dass zur Zellvermehrung die Entstehung eines neuen Gesamtorganismus aus den Keimzellen durch Konjugation zweier heterogener Protoplasma Körper: der Eizelle und des Spermiums nicht absolut erforderlich ist. Auch bei den Säugethieren wenigstens die ersten Stadien der Entwicklung ohne Befruchtung bei der Parthenogenese schreitet die Umbildung des Eies bis zu den letzten Zielen der Entwicklung vor (v. S.

### Der Hoden und sein Sekret.

Der Hoden, Testis, ist eine Drüse, deren Secerniren zahlreichen, ausserordentlich langen, engen, gewundenen Kanälchen oder Samenkanälchen, Tubuli seminales, von den übrigen als bekannt vorausgesetzten Hüllen werden. Diese Kanäle sind umschlossen von einer festen, ziemlich dicken Haut, der Tunica albuginea s. propria testis, welche aus Bindegewebe, elastischen Fasern besteht. Sie sendet von ihrer Oberfläche zahlreiche platte Fortsätze als unvollkommene Scheidewände nach dem hinteren Rande zu, verdickt sie sich und dringt als Septula in die Drüsensubstanz ein. In der Drüsensubstanz wird die eigentliche Drüsensubstanz in kegelförmige Läppchen zertheilt, deren Spitzen sich dem Corpus Highmori nähern. In dem interstitiellen Bindegewebe finden sich Zellenhaufen, Zellen der Bindegewebssubstanz zuzurechnen sind (KÖLLIKER). In den Septula liegen, 4—3 in jedem Fache, vielfach gewunden

armige Massen darstellen (Fig. 263). Sie vereinigen sich als Samenkegel, vasculosi, durch Bindegewebe zuerst zu dem Kopf des Nebenhodens, dann allmählich zu einem einzigen Gange von 0,2''' Durchmesser, der an dem hinteren Rande des Hodens unter zahlreichen Windungen im Samenleiter oder Schwanz des Nebenhodens bildet. Dieser Kanal, noch das sich abzweigende, blindende Vas aberrans Halleri aus, vereinigt sich mehr und mehr seine Windungen, wird zu dem gerade verlaufenden 1''' weiten Vas deferens. Der Durchmesser der Samenkanälchen beträgt 0,05—0,063'', der Tubuli recti 0,1667''.

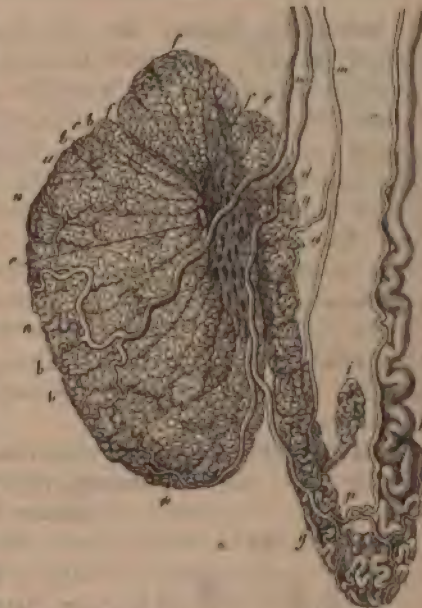
In den Samenkanälchen haben sie Membran und den zelligen Inhalt unterscheiden.

Nach KÖLLIKER ist die Membran eine sehr derbe, bindegewebige Faserhaut mit Längskernen, an der auch bei dem Erwachsenen noch eine Membrana propria zu bemerken ist, die LA VALETTE ST. GEORGE in kindlichen Hoden regelmässig nachweisen konnte. Die Membran ist mit einer Schichte eigenthümlich geformter, kleiner, unter einander zusammenhängender Zellen bekleidet (LA VALETTE ST. GEORGE), welche nach MERKEL ein das

Samenkanälchen durchziehendes, fächeriges, schwammartiges Netz bilden. Der Inhalt der Samenkanälchen ist nach dem Alter verschieden, der Hauptbestandtheil besteht er immer aus Zellen. Im kindlichen Alter sind die engeren Kanäle nur mit kleinen hellen Zellen erfüllt. Zur Zeit der Geschlechtsreife wächst der Umfang der Samenkanälchen und der in ihnen enthaltenen Elemente, welche zur Zeit der Samenbildung meist helle runde Zellen und Blasen: Samenzellen, oft mit einer grossen Anzahl von Kernen (bis 20) darstellen. Hier und da sieht man die Samenzellen in der Form von zusammenhängenden Zellketten. Als ein- als mehrkernige Samenzellen zeigen nach LA VALETTE ST. GEORGE's Beobachtung deutliche amöboide Bewegungen. Diese Zellen sind die Vorläufer des Samens.

Die Ductuli recti haben denselben Bau wie die Samenkanälchen, die Kanäle des Rete vasculosi dagegen erscheinen als mit Pflasterepithel ausgekleidete Lucken im Gewebe des Hodens Körpers. In dem Nebenhoden tritt bald in der Faserhaut auch eine Lage glatter Muskeln auf, die weiteren Abschnitte des Nebenhodenkanals und der Samenleiter bilden eine dicke Muskelschichte von längs- und querverlaufenden glatten Muskelfasern.

Fig. 263.



Der Hoden des Menschen nach ARNOLD. a Hoden, in die Lappchen bei b zerfallend; c Ductuli recti; d Rete vasculosum; e Vascula efferentia; f Coni vasculosi; g der Nebenhoden; h das Vas deferens; i das Vas aberrans Halleri; m Aeste der Art. spermatica interna mit ihrer Verbreitung an der Drüse n; o Arterie des Vas deferens, bei p mit dem vorhergehenden Gefässe anastomosirend.



Die Vasa efferentia tragen ein einfaches flimmerndes Cylinderepithel. Im Nebenhoden besteht das Epithel aus sehr lang gestreckten Zellen mit sehr langen Pinseln von Flimmerhaaren, auch das Epithel der MORAGNI'schen Drüse flimmert (O. BECKER). In den Samenkanälchen ist ein eigentliches Epithel vorhanden.

**Hodensekret, Samen.** Das unvermischte Sekret des Hodens, wie es bei kräftigen Männern im ganzen Verlaufe des Vas deferens und im Samenkanälchen des Nebenhodens findet, ist eine weissliche zähe, geruchlose Masse. Es besteht nur aus den charakteristischen mikroskopischen Elementen, den Samen, ausserst wenig einer verbindenden Flüssigkeit. Als mehr zufällige Beifunde findet man hier und da noch einzelne Körnchen, Kerne und Zellen.

Die Entdeckung der Samen, Fila spermatica oder Samen, Spermatozoen, Spermatozoiden, Spermatozoa, welche sich in etwas verdünntem Samen in sehr lebhafter Bewegung zeigen, war eine der ersten Errungnisse der Mikroskopie. LEEUWENHOEK, welcher hier zuerst genauere Untersuchungen anstellte, nennt als Entdecker einen Studenten in Leyden, J. VAN LEEUWEN, dessen aktive Beweglichkeit, welche den Flimmerbewegungen analog ist, veranlasste, dass man sie zunächst für Thiere halten musste. Die Bezeichnung Spermatozoon stammt von KÖLLIKER.

Die Samen sind der männliche Zeugungsfaktor. Es ist für die Geltung der Lehre von der Zeugung und Konstanz der Species im Thierreich von grosser Wichtigkeit, dass sie in ihrem Bau nur in der Species konstant sind, aber in der Thierreihe sehr verschieden sind.

Fig. 264.



Samenkörper des Menschen, a unentwickelte, b reife.

GER-SEIDEL nehmen an den Samen eine strukturelose Membranschicht und eine Inhaltsmasse an, welche GROSS für kontraktile erklärt. Feinere Struktur deuten noch gewisse Streifungen im Kopfe des Samens (beim Bären, VALENTIN) und die Differenzirung des letzteren in Kopf (SCHWEIGER-SEIDEL) und eigentlichen Faden.

Das Auffallendste an den Samen oder Samenkörpern ist ihre Beweglichkeit. Doch sind sie bei einigen Thieren (z. B. Oniscus) vollkommen bewegungslos selbst innerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane, bei Nematoden, Insekten und Krebsen zeigen sie nur amöboide Formveränderungen. Wie schon ausgedeutet, bedürfen auch die menschlichen Samen einen Auslassungsweg zur Einleitung ihrer Bewegung, wenigstens eine stärkere Verdünnung des Samenflüssigkeit. In dem Hodensekret selbst erscheinen sie bewegungslos, wenn sie erst, nachdem dieses durch die Zumischung der Sekrete der Prostata und der COWPER'schen Drüsen verdünnt wurde,

nur in der Species konstant sind, aber in der Thierreihe sehr verschieden sind. (LA VALETTE ST. GEORGE). Die Samen der Säugethiere bestehen im Allgemeinen aus einem scheibenförmigen Kopf und einem fadenförmigen Anhang. Die Samen des Menschen haben ein ovales Köpfchen, das am zugekehrten Ende desselben ist abgerundet (Fig. 264), nach oben geht es in einen dünnen, in der Mitte etwas eingedrückten Faden über, sodass es von der Seite von mehr eiförmiger Gestalt erscheint. GROSS und

ungsmodus der beweglichen Samenfäden ist sehr mannichfach verschieden. Sogeln, z. B. dem Kanarienvogel, pflegt die Bewegung eine gleichmässig fortwährende zu sein mit gleichmässig rascher Axendrehung des ganzen Samenfadens, bei den Säugethieren ist sie hüpfend und zuckend, wobei das Kopfende voran gestossen wird.

BRONN glaubte, dass die Bewegung des Fadens durch Kontraktionen des Kopfes eingeleitet werde. Man hat dagegen darauf hingedeutet, dass sich am Köpfchen keine Kontraktionserscheinungen erkennen lassen, und auch kopflose Fäden oft noch lebhaftere Schwingungen zeigen können. KÖLLER hat bewiesen, dass der Kopf des Samenfadens aus dem Zellkern entsteht. LETTNER hat aber gezeigt, dass sich der bewegliche Schwanz aus dem Proto-  
plasma der Samenzellen bilde, dessen amöboide Kontraktilität ebenfalls von ihm bewiesen wurde (S. 913). Im Allgemeinen zeigt daher die Bewegung der Samenfäden die Eigenthümlichkeiten und Bedingungen der anderen Protoplasma-  
bewegungen (cf. S. 105), sie stimmt darin etwa mit den Bewegungen der Flim-  
mellen überein. PFLÜGER erklärt den Samenfaden direkt für eine kleine Flim-  
melle; am besten erhalten sich diese Bewegungen in schwach alkalischen Lösungen.

Die Dauer der Bewegung ist nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit, in der sie stattfinden, sehr verschieden. Noch 48 Stunden nach dem Tode männlicher Thiere fand man in ihnen bewegungsfähige Spermatozoiden, in den weiblichen Thieren bewegten sie sich noch 8 Tage nach stattgehabter Begattung.

Die ziemlich sparsamen Nerven des Hodens stammen vom Plexus spermaticus internus ab. LETZNER sah Nervenfasern zwischen den Zellen der Samenkanälchen endigen; die Enden sind nach ihm verhältnissmässig kurze, breite mit excentrisch aufsitzenden, runden, glänzenden Knöpfchen versehene Axon-  
terminale. Ein direkter Einfluss der Nerven auf die Samenbildung ist noch nachgewiesen; durch reichlichere Blutzufuhr zu den Genitalien scheint sie gesteigert zu werden. In dieser Richtung wirken sitzende, ruhige Lebensweise, reichliche Nahrung, entsprechende Richtung der Phantasie und Reizung der Genitalien, vielleicht auch gewisse Gewürze (S. 171). Beim zeugungsfähigen Thiere ist die Samenproduktion eine stetige, die Thiere, wenigstens in der Freiheit lebende, bereiten dagegen reifen Samen nur während der Brunstzeit. Die Menge des gebildeten Samens zeigt bei demselben Individuum bedeutende Schwankungen, die absolute Gesamtmenge ist stets ziemlich gering.

Die Lymphgefässe des Hodens sind reichlich entwickelt (PANIZZA), sie entspringen ihren Ursprung aus weiten, zwischen den Samenkanälchen verlaufenden, Lymphgefässen (LUDWIG und TOMA), die mit einem Epithel ausgekleidet sind (HIS). Die weiten Lymphgefässe scheinen für die Möglichkeit einer starken Resorption im Hoden zu sprechen, wodurch vielleicht, wenn keine Samenentleerung eintritt, ein Theil des stetig abgesonderten Sekrets wieder aufgenommen werden kann.

Die Blutgefässe des Hodens gehen aus der Art. spermatica interna hervor und dringen vom hinteren Rande aus in die Drüsensubstanz ein, in welcher sie die Samenkanälchen mit einem weitmaschigen Kapillarnetze umspinnen. Im Menschen ist die Gefässvertheilung (Art. deferentialis) etwas sparsam. Den Arterien analog verhalten sich die Venen.



**Die Bewegung der Samenfäden.** Wie alle Protoplasmabewegungen werden die Samenfäden durch Säuren sehr rasch aufgehoben. Es scheint auch hier für die Bewegung zu sprechen, dass in schwach alkalischen Lösungen die Bewegungen länger erhalten, und dass wie die Flimmerzellen (VINCOW, 1884) die Samenfäden, wenn sie zur Ruhe gekommen, durch schwache Alkalilösungen wieder versetzt werden können (KÖLLIKER). Die Bewegung erhält sich lange in 1 pCt. Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, salpetersaures Kali oder 4—10 pCt. phosphorsaures, kohlensaures oder schwefelsaures Natrium, oder Magnesia oder Chlorbarium enthalten. Wie alle Säuren, so vernichten auch die Lösungen, besonders ammoniakalische die Bewegung, ebenso destilliertes Wasser, Lösungen, bei beiden unter Quellung und Schlingenbildung an den Schwänzen, Chloroform, Aether, Kreosot etc. Konzentrierte Lösungen von Salzen, Zink, können die Bewegungen der durch Quellung starr gewordenen Fäden zurückrufen (KÖLLIKER). Kurare soll in exquisiter Weise als Reiz wirken, dagegen sind Kokain, saures Morphinum wirkungslos. Nach MONTAGAZZA bewahren die menschlichen die Bewegungsfähigkeit von 45—47°C. Bei 0° erhielt sie sich 4 Tage, auch thauen kehrt sie zurück, dasselbe für Flimmerzellen S. 408).

**Chemisch** ist der Same bisher nur wenig erforscht. In dem reifen Hodensamen fand KÖLLIKER 82,05% Wasser und 17,94 feste Stoffe, davon 12,43% Eiweiss, 2,165% phosphorhaltiges Fett und 2,637% Salze. Als Bestandtheile führt v. GORTZ-BESANZ an: Wasser, ein kaseinähnliches Albuminat, phosphorhaltige Körper (Lecithin? Protagon?), und die Blutsalze, vorwiegend phosphorhaltige Erden. Bei der Fäulnis des Samens bilden sich reichlich Krystalle saurer Ammoniakmagnesia. Auch aus dem frischen Samen scheiden sich sternförmig gruppirte (monoklinometrische? mikroskopische Krystalle aus, von nischer Natur, vielleicht dem Vitellin verwandt (KUNZ). Dem ejaculirten Samen den accessorischen Drüsen etwas Mucin beigemischt zu sein. Gegen Reagenzien sich die Samenfäden sehr resistent, sie werden weder durch konzentrierte noch Salpetersäure, Essigsäure, oder kochende konzentrierte Sodaauszug gelöst.ätzende Alkalien lösen sie in der Wärme. Sie widerstehen der Fäulnis dem Einwickeln am besten mit 4% Kochsalzlösung aufgeweicht, sind sie noch z. B. zur gerichtlichen Diagnose des Samens, zu erkennen. Nach noch 3 Monaten in faulem Harn, selbst beim Glühen bleibt ihre Form unverändert zurück. der frischen Substanz des Hodens fand KUNZ Glykogen.

Die dem ejaculirten Samen beigemischten Sekrete sind wenig bekannt. Die Blasen enthalten eine eiweissreiche Flüssigkeit, mit kleinen farblosen Gerinnestücken Flimmerepithel. ECKHARD fand, dass auf direkte elektrische Reizung der bei der Erektion betheiligten Nerven die Prostata des Hundes durch Kontraction ihrer glatten Muskeln einige (20—30) Tropfen ihrer Sekrete stossweise. Das Sekret enthält ein- und mehrkernige Zellen beigemischt, sowie amorphe Stoffe. Seine Reaktion ist neutral, es enthält 98% Wasser, von den festen Stoffen organischer Natur, davon 0,45—0,91% Eiweiss (BLUMANS).

Nach KÖLLIKER ist der ejaculirte Same fast farblos, schillernd, von gelber Färbung und eigenenthümlichem Geruch, bei der Entleerung zähflüssig und klebrig wird er beim Erkalten gallertig, nach einiger Zeit jedoch wieder dünner.

**Die Entwicklung der Samenfäden** ist zuerst von KÖLLIKER genauer erforscht worden. Er wies nach, dass die Samenfäden nicht, wie man es früher angenommen hatte, belebte Wesen: Samenthierchen, sondern als Elementartheile des Organismus seien. Er lehrte ihre Entstehung aus Zellen kennen. Die Samenfäden bilden sich nach KÖLLIKER aus Zellen dadurch, dass der Kern sich von dem Protoplasma an einem Ende aus einem Faden trennt, während der Rest des Kernes

adens wird. Nach LA VALETTE entsteht nur der Kopf aus dem Kern, der Schwanz dagegen aus dem dem Kern benachbarten Zellenprotoplasma heraus und tritt mit ihm in Verbindung. Nach der letzteren Ansicht ist der Samenfaden von der Dignität einer kleinen Flimmerzelle (PFLÜGER), männliche Keimzelle.

Vergleichende Anatomie hat in allen Abtheilungen der Thierwelt, so weit es eine geschlechtliche Fortpflanzung giebt, Samenkörper nachgewiesen, bei den Infusorien (Paramecium) beschrieb zuerst JOHANNES MÜLLER fadenförmige Körper, welche den vorderen Nucleus erfüllen. Die Zoospermica der Säugethiere unterscheiden sich im Allgemeinen wenig von denen des Menschen. Beim Schwein und ähnlich beim Stier, Schaf, ist die Spitze des eiförmigen Kopfes den Fäden zugekehrt, Mäuse und Ratten besitzen eiförmiges Köpfchen, letztere mit sehr langem Schwanz; beim Kameel ist der Kopf sehr schmal. Bei Vögeln und Reptilien, sowie bei Frosch und Kröte ist der Kopf langgestreckt, cylindrisch, bei Singvögeln spiralig gewunden. Die Zoospermien von Triton, Salamander und Bombinator sind durch eine eigenthümliche undulirende Membran an dem Ende des Schwanzfadens ausgezeichnet (v. SIEBOLD, CZERNAK). Bei den Fischen ist die Form analog verschieden wie bei den Vögeln. Die Samenkörper der Wirbellosen sind entweder fadenförmige Gebilde oder von mehr rundlicher Gestalt, letztere z. B. bei Insekten und mehreren Krustenthieren. Auch Zoospermien mit undulirenden Membranen sind bei Wirbellosen beobachtet, bei einigen enthält der Same Zoospermien von zweierlei Art. Bei vielen Wirbellosen umhüllt ein erhärtendes Sekret wie ein Schlauch eine Partie der Spermien, wodurch die sogenannten »Spermatophoren« und wohl auch die »Samenstäbchen« von LEUCKART entstehen. Die Cephalopoden haben einen eigenthümlich gebauten Arm, in dem der Hoden den Samen aufnimmt und denselben in die weiblichen Generationsorgane (AMNIOTELES). Der Arm löst sich bei der Begattung vom Männchen los und führt auf dem Weibchen ein fast individuelles Leben, sodass man ihn früher für einen Hectocotylus hielt.

### Der Eierstock und das Ei.

**Eierstock.** Man pflegte bisher an der Zeugungsdrüse des Weibes eine Art von Substanz, d. h. eine nicht drüsige, ungemein blutreiche, der Hauptsache nach bindegewebige, schwammige, rothe, an kavernöses Gewebe erinnernde Masse, diese umlagerndes Drüsenparenchym als Rindensubstanz zu unterscheiden. Peripherische Ausstrahlungen der bindegewebigen Markmasse sollten das Drüsenparenchym eine Art Fachwerk bilden, in welchem die eigentlich drüsigen Follikel eingelagert seien und nach aussen in festere Verwebung zu einer wenig gestrichelten Organhülle: Albuginea, zusammentreten.

Durch die Untersuchungen PFLÜGER's ist die Erkenntniss über die Struktur des Eierstocks in eine neue Phase getreten. Wir schliessen uns in der Folge den neueren Darstellungen WALDEYER's an.

In den drei höheren Wirbelthierklassen sind die Ovarien im Allgemeinen dem gleichen Typus gebaut. Der reife Eierstock zeigt als wesentliche Bestandtheile: 1) das Eierstocksepithel oder Keimepithel, 2) die Eifollikel oder GRAAF'schen Follikel, in denen 3) die Eier enthalten sind. Diese Gebilde werden 4) getragen und zusammengehalten von einem äusserst lockeren, muskel- und nervenhaltigen Bindegewebsstroma.

Das Oberflächenepithel des Eierstocks, das man früher für eine direkte Fortsetzung der Serosa genommen hat, grenzt sich von dieser durch eine weisse Membran ab, welches rings um die Basis des Ovariums läuft. Das Keimepithel be-



steht anstatt des bekannten plattzelligen Peritonealepithels aus cylindrischen Zellen, die eine dunklere Körnung zeigen. Es ist einem Schleimhautepithel gleichzusetzen, was schon daraus hervorgeht, dass an vielen Eierstöcken das Tubarepithel kontinuierlich, nur mit Verlust der Flimmerung auf die Ovarialfläche übergeht.

Auf dem senkrechten Durchschnitt des Eierstocks zeigt sich zuvörderst das Keimepithel, dann folgt eine festere Bindegewebslage (Fig. 265), in welcher

Fig. 265.



Senkrechter Durchschnitt vom Ovarium einer halbjährigen Hündin, Hartnack 7. a. Folia 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000.

einzelne Ovarialschläuche und jüngere Eifollikel zeigen. Dann kommen ältere Eifollikel, zum Theil mit nahezu reifen Eiern, zu innerst das Hilusstroma, die sogenannte Marksubstanz. Die äusserste Lage des Hilusstromas ist kurzfasrig, die Bündel durchkreuzen sich vielfach. Im Allgemeinen ist ihr Verlauf aber mehr parallel (Albuginea), in den tieferen zwischen den Follikeln ist das Bindegewebe langfasrig, wenig zellenreich. Die Zellen sind spindelförmig, hier und da mit sehr langen Fortsätzen. Die Marksubstanz, die sogenannte Gefässzone schliesst sich hier an. Um die grösseren und mittelstarken Gefässe derselben liegen die Follikeln in einzelnen längsziehenden Bündeln, sie fehlen in der Bindesubstanz des Menschen. Bei Amphibien und namentlich bei Knochenfischen erscheint das ganze Organ sehr muskelreich.

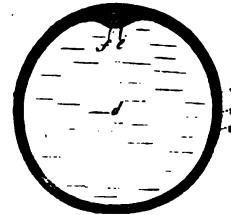
Der Hilus ovarii enthält ein Konvolut von weiten Venen, die bei Injektion eine Art Gefässbulbus darstellen (ROUGET). Die Arterien nehmen im Ovarium selbst jenen korkzieherartig gewundenen Verlauf, welchen die A. spermatica interna und die A. uterina bekannt ist. Das Gefässnetz ist sehr reich, am reichsten in der inneren Follikelhaut (Hilus), nach der Membrana Ruyschiana der Choroiden erinnernd.

HIS beschreibt Lymphgefässe am Hilus ovarii und weite Lymphräume, welche schalenartig die Follikel und gelben Körper umgeben. WALDEYER hat mit sehr dünner Markscheide versehene Nervenfasern gesehen, die grösseren Follikel eindringen sehen.

An den grösseren GRAAF'schen Follikeln (Fig. 266) unterseht man

wobige Wandung, Theca folliculi (v. BAER), die äussere Schichte besteht ähnlichem faserigem Bindegewebe, Tunica fibrosa, die innere ist sehr gefäss-unica propria, und besteht aus zellenreichem, jungem Bindegewebe. Bei Follikeln fehlen diese Schichten. Die zelligen Follikelelemente liegen in rundlichen Stromalücken (WALDEYER). KÖLLIKER nimmt dagegen eine lose Basalmembran auch für die jüngsten Follikel an. Die innere Oberer Tunica propria ist bei den Säugethieren mit mehrschichtigen Cylinderepithel, Follikel-, Membrana granulosa, besetzt. An älteren an mehreren Stellen, je nach der Zahl Follikel enthaltenen Eier, zeigt sich beim Menschen und Säugethiere das Epithel zu einem frei in das Innere hineinragenden hügeligen Vorsprung an—Discus proligerus, Keimscheibe. Mit der Keimscheibe liegt das Ei. Der Follikelraum bringen mit einer klaren Flüssigkeit, Liquor folliculi, erfüllt, die bei jüngeren Follikeln noch ein Theil der Zellen des Discus proligerus wird Epithel unterschieden. Es bildet dieses eine enhängende Lage von Cylinderzellen, welche nach Art eines Epithels auf der Zona pellucida (Fig. 267).

Fig. 266.



GRAAF'scher Follikel des Schweines ca. 10mal vergr. a. Äussere, b. innere Lage der Faserhaut des Follikels, c. Membrana granulosa, d. Liquor folliculi, e. Keimbügel, ein Vorsprung der Membrana granulosa, f. Ei mit Zona pellucida, Dotter und Keimbläschen.

chemische und ärztliche Bemerkungen. Der Liquor folliculi reagirt frisch fast neutral, bald alkalisch, die an sich klare Flüssigkeit ist nur durch suspendirte Zellentrümmer. Sie enthält Eiweissstoffe gelöst, nach WALDEYER vorzugsweise Paralbumin. Die Leisten des Hydrops ovarii sind in der Regel dunkelbräunlich gefärbt, sie enthalten und da viel krystallisirtes Cholesterin und eigenthümliche Eiweisskörper, Metalbumin (SCHERER), welche ihr schleimige, fadenziehende Konsistenz ertheilen, Mucin erleiden sie durch Essigsäure schon in der Kälte eine Fällung. Dadurch unterscheidet sich die Hydroovarialflüssigkeit in der Regel von den einfach serösen Ergüssen und Flüssigkeiten der Echinococcuscysten, in denen wie in der Hydroceleflüssigkeit Bernsteinsäure und Inosit konstatirt wurden. In der Hydroceleflüssigkeit findet man oft sehr viel Cholesterin und 4—5% Eiweisskörper, besonders viel Fibrinogen, Harnstoff und Harnstoff wurden aufgefunden. Die Chemie und chemische Physiologie des Eies cf. S. 83.

Das Ei ist bei allen Thieren in seiner ersten Anlage: Primordialei (HIS), eine Zelle mit weichem, körnigem, membranlosem Protoplasma: Haupt- oder Bildungsdotter, Kern: Keimbläschen und Kernkörperchen: Nucleolus, macula germinativa. Bei vielen niederen Thieren findet sich neben dem Keimfleck noch ein äusserst kleines glänzendes Körperchen: das Korn. Im Follikel wird das Primordialei von einer sekundären, wahrscheinlich dem Follikelepithel ausgehenden Bildung: der Dotterhaut, Zona pellucida, umlagert.

Zona pellucida, die Umhüllungsmembran des Eies, ist eine starke, gegen die Dottermasse scharf abgesetzte Lamelle, welche bei fast allen Thieren ein eigenthümliches Strukturverhältniss erkennen lässt, welches zuerst MÜLLER und REMAK an den Eiern der Fische nachgewiesen wurde; die



Zona ist nämlich in radiärer Richtung von zahlreichen Porenkanälen durchsetzt, die sich bei den Säugethiereiern als feine Streifungen zu erkennen geben. DEYER glaubt, wie REICHERT und PFLÜGER, die Dotterhaut als eine der Keimbildung (S. 30) verwandte Formation auffassen zu müssen, ausserhalb des Epithels. Eine weitere sogenannte Dotterhaut existirt nicht.

Der Hauptdotter charakterisirt sich als gewöhnliches Zellprotoplasma. PFLÜGER u. A. haben sogar Kontraktilität an ihm beobachtet (Fig. 267). Charakteristisch ist der grosse Reichthum des Eiprotoplasmas an grosseren und

Fig. 267.



A. Primordialei vom Menschen; Fötus von 5 Monaten (Hartnack 76). B. Primordialei vom Taube. C. Etwas älterer Follikel desselben Thiers; Beginn der Keimbildung. D. Etwas älterer Follikel desselben Thiers; Beginn der Keimbildung. E. Etwas älterer Follikel desselben Thiers; Beginn der Keimbildung. F. Ei von Ascaris nigrovenosa ungefähr aus der Mitte des Keimstockes. G. Ei aus einem 2 mm. dicken Follikel von Ascaris nigrovenosa. a. Epithel. b. Radiär gestreifte Zona. c. Keimbläschen. d. Keimleck. e. Dotter. F-G. Nahrungsdotter.

glänzenden Körnern, wahre Dotterkörner (Hs) von verschiedener Grösse, die sollen die Reaktionen des Protagons und der Eiweisskörper zeigen.

Bei den reifen Eiern der Vögel und Reptilien kommt zu dem Hahnentritt, Cistricula mit dem von einer Dotterhaut umgebenen Hauptdotter und dem Keimbläschen, dessen Keimleck hier früh schon noch ein sogenannter Nebendotter oder Nahrungsdotter, der weisslich hinzu. Die Primordialeier der Vögel sind denen der Säugethiere gleich. Der Nahrungsdotter, der dieselben in der Folge umhüllt, ist das Produkt des Follikelepithels und zwar nach WALDEYER geradezu metamorphes Protoplasma der Follikelepithelzellen, GEGENBAUR hielt dagegen die Nahrungs-

heile für Differenzirungen aus dem Protoplasma der primitiven Eizelle (nach Andeutungen PRÜGGER's scheint auch bei dem Säugethiere eine Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Dotterpartieen gemacht werden zu müssen). abbläsen wird von einem helleren Protoplasma umgeben, auf welches eine dunklere Masse aufgelagert ist. Es scheint nahe zu liegen (WALDEYER), diese Schichte als eine sekundäre, vielleicht wie die des Nahrungsdotters, dem Follikelepithel ausgehende Bildung aufzufassen. Doch tritt hier in eine vollkommene Verschmelzung beider Protoplasmaantheile ein, während oben angeführten Eiern, an welche sich die Eier der Selachier, der Fische und der höheren Krustaceen anschliessen, die Trennung eine Rolle spielt. Für den durchgreifenden Unterschied zwischen beiden Dottern siehe Beobachtung STRICKER's, der am Hauptdotter des Forelleneies deutliche Bewegungen beobachtete, während der Nebendotter sich stets ganz ruhig hält. Die Eier der Batrachier gleichen mehr denen der Säugethiere, sie zeigen eine deutliche Trennung von Haupt- und Nebendotter erkennen.

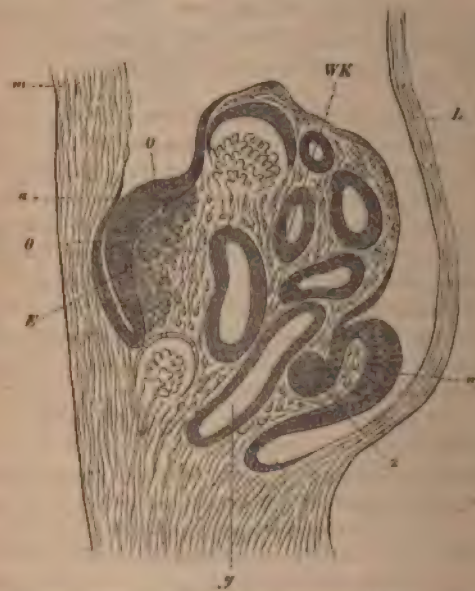
**Stadien der Entwicklung** (S. 14. 21). Nur der Bildungsdotter betheiligt sich direkt am Aufbau des Embryonalleibes. Je nachdem die Eier nur Bildungsdotter oder auch Nahrungsdotter enthalten, kommt es zu einer totalen oder partiellen Furchung bei der Fortentwicklung des Eies. Die Embryonalzellen, welche aus den verschiedenen Stadien der Furchung hervorgehen, finden auch in verschiedener Art zum Aufbau des Embryonalleibes Verwendung (CLAUS). Bei Coelenteraten, Echinodermen, sowie bei den niederen und höheren Organisationsformen der Würmer und Arthropoden besteht eine *Evolutio ex omnibus partibus*, d. h. der Embryonalleib entsteht gleichmässig und in ganzen Begrenzungen als eine die Reste des Dotters einschliessende Zellschichte. Bei höheren Thieren zeigt sich eine *Evolutio ex una parte*, hierbei wird der Dotter ungleichmässig und erst nach und nach umwachsen von gewissen Punkten aus, an welchen die Anlagen des Embryo auftreten. Im letzteren Falle zeigt sich noch eine Reihe von Stadien. Die Schnecken schliessen sich an das erstgeschilderte Verhalten an. Bei den Fischen besteht die Embryonalanlage aus einem flächenhaft entwickelten Primitivtheile, während bei den Reptilien, Vögeln und Säugern der Rest des Dotters in der Folge ganz umgreift, bei den Cephalopoden bleibt ein Rest des Dotters als Dottersack frei. In anderen Fällen entsteht der Embryo aus einem Keimstreifen, entweder auf der Unterfläche des Dotters, es entspricht der Keimstreifen der ersten Anlage der Bauchtheile: bauchständiger Primitivstreifen (bei vielen Anneliden und Arthropoden), oder er liegt dem Dotter auf und entspricht dann der ersten Anlage der Rückenorgane: rückenständiger Primitivstreifen (bei den Vertebraten). Bei dem fortschreitenden Wachsthum der als Primitivstreifen auftretenden Embryonalanlage wird der Embryo entweder vollkommen in den Leibesraum aufgenommen (Frosch, Insekt); oder er bleibt in einem Dottersack (Vogel, Säugethiere). Auch die weitere allmählich fortschreitende Organisation des Embryonalkörpers verläuft bei verschiedenen Thieren sehr verschieden. Bei niederen Thieren erscheint er am einfachsten. Im Allgemeinen treten die verschiedenen Organe in der Reihenfolge ihrer Bedeutung für den fertigen Organismus überhaupt in der Reihenfolge ihrer Bedeutung für die besonderen Bedürfnisse der Jugendzustände (CLAUS).

**Entwicklung der Ovarien und Eier** (WALDEYER). Bei Hühnerembryonen treten die ersten Anlagen der Keimdrüsen beider Geschlechter gegen Ende des vierten Tages auf. Der Embryo (S. 502) zeigt sich mit einem regelmässigen cylindrischen Epithel überzogen. Das Epithel der übrigen Peritonealhöhle besteht dagegen bereits aus kleinen glatten Zellen. SCHRECK hat uns gelehrt, dass ursprünglich die ganze Pleuroperitonealspalte an ihrer Oberseite ein Cylinderepithel trägt. Am vierten Brutlage verdickt sich in der Mitte und an den Seitentheilen des Wolff'schen Körpers das erwähnte Cylinderepithel bedeutend, die Verdickung ist die erste Anlage des Ovariums, die seitliche dient zur Bildung der



späteren Tube, des MÜLLER'schen Ganges. Während sich bei weiblichen Embryonen die Epithelialverdickung immer weiter entwickelt, schwindet sie bei männlichen Embryonen am achten oder neunten Tag. Bei ersteren erhebt sich bald aus dem interstitiellen Wolff'schen Körper unter jener Epithelialverdickung eine kleine, zellreiche Wucherung. Das verdickte Epithel über derselben gestaltet sich nach und nach zur Anlage der GRAAF'schen Follikel und Eier. Sowohl das interstitielle Ovarialepithel, während die bindegewebige Wucherung sich bildet, als das vaskuläre Stroma des Eierstocks zu dieser Zeit schon jetzt zeichnen sich einzelne Zellen des Epithels durch Grösse, runde färbungreiche Kerne aus. Die bisher geschilderten Vorgänge lassen sich auch bei den Mäusekonstatiren. Die weitere Ovarialentwicklung beruht nach WALDEYER (Fig. 268) auf dem

Fig. 268.



Querschnitt des Wolff'schen Körpers mit der Anlage des Eierstocks und des MÜLLER'schen Ganges. (Hühnerembryo vom Ende des vierten Bruttages.) WK, Wolff'scher Körper. g, Querschnitt des Wolff'schen Ganges. a, and a, Verdicktes Keimepithel. z, MÜLLER'scher Gang im Zusammenhange mit dem Keimepithel. E, Eierstocksanlage mit stark verdicktem Keimepithel. O, O, Primordialeier. m, Mesenterium. L, Seitliche Bauchwand.

culi. Die Form der Fächer, innerhalb deren die Eizellen mit dem Follikel-epithel sind, ist eine sehr verschiedene, bald sind es rundliche, bald ovale, bald schalenförmige Bildungen, auf welche letztere namentlich PRATER zuerst aufmerksam wurde. Nach BISCHOFF ist mit Ablauf der Fetalperiode die Entwicklung der Eier zum Laich im Verlauf des Lebens zur Reife gelangen.

Follikel-epithel und Eizelle stehen genetisch in einer direkten Beziehung. Sie sind bei allen Thierklassen weiter entwickelte, besonders bei den Fischen, Epithelzellen des Ovariums. Die Primordialeier erscheinen im Fetus überall gleich gebaut, der äussere Unterschied der reifen Eier beruht auf der

ähnlichen Durchwanderung des Keimepithels und der bindegewebigen Hervorwucherung. Diese drängen sich zwischen der wuchernden Epithel hin und bilden bald grössere, bald kleinere Fächer desselben, welche mit der Zeit mehr und mehr in die Form eines eingebetteten Stadium der Entwicklung gefässreiche Bindegewebe oder zusammenhängende, kavernöse Mastheute. Das Keimepithel in sich zusammenfassen einzelne Partien sich netzformig unter einander hangen.

Unter den so in das Bindegewebe eingebetteten Epithelzellen sind nun bald sehr viele durch und die Grösse ihres Kerns sind Eier. Andere Zellen dagegen klein und gruppenweise. Eine Art Epithel um die Eizellen, einzelnen Eizellen und die Eizellen werden die Eizellen umhüllt werden. Diese wuchernden Epithelzellen sind einander getrennt, die Eizellen sind die jüngsten Primordialeier. In Folge entwickelt sich die

ungen, welche das Ei theils noch im Eierstock, theils erst in den Eiwegen umhüllen  
 LEDEYER.

**Allgemeines über die Entwicklung der Zeugungsdrüsen beider Geschlechter (KÖLLIKER).** Für die  
 führung der Entwicklung der Geschlechtsorgane bieten die WOLFF'schen Körper den Aus-  
 spunkt. Wir lernten die WOLFF'schen Körper beim Menschen in der 4. und 5. Embryo-  
 nische als zwei spindelförmige Drüsen kennen, welche in der ganzen Länge der Bauchhöhle  
 erstrecken und durch ihre Ausführungsgänge die Urnierengänge oder die WOLFF-  
 schen Gänge (TUERSCH), welche an ihrer äusseren vorderen Seite herablaufen, in das  
 freie Ende der Harnblase, unterhalb der Ureteren münden. Die Geschlechtsdrüsen, Hoden  
 Eierstöcke entstehen selbständig, anfänglich bei beiden Geschlechtern in  
 gleicher Anlage (WALDEYER) an der inneren Seite der WOLFF'schen Körper. Gleichzeitig  
 rückt sich neben dem WOLFF'schen Gang noch ein zweiter Kanal, der MÜLLER'sche  
 Gang oder Geschlechtsgang, welcher sich auch in das untere Harnblasenende ein-  
 füllt. Dieser Gang verschwindet beim männlichen Geschlechte bis auf die Vesicula prosta-  
 den sogenannten Uterus masculinus, wieder, die Geschlechtsdrüse tritt mit dem WOLFF-  
 schen Körper, der zum Theil den Nebenhoden bildet, in Verbindung, der WOLFF'sche Gang  
 Samenleiter. Beim weiblichen Organismus sind dagegen der WOLFF'sche Körper  
 Gang ohne grössere Bedeutung, sie verschwinden bis auf den Nebeneierstock, die  
 MÜLLER'schen Gänge dagegen bilden sich mit ihrem unteren verschmolzenen Ende zu Uterus  
 Scheide, mit dem getrennt bleibenden oberen zu den Eileitern um. Schon oben wurde  
 erwähnt, dass auch bei den männlichen Embryonen ein Keimepithel wie im Ovarium  
 liegt, wird, aber bald verkümmert. Nach WALDEYER enthält jede Keimdrüse stets die Anlage  
 der Geschlechter, eine derselben bildet sich zurück. Es tritt auch bei den Embryonen bei-  
 der Geschlechter zunächst ein Theil der Blinddärmschen des WOLFF'schen Körpers mit der  
 Anlage der Keimdrüse in Verbindung, indem sie in dieselbe hineinwachsen. Bildet sich die  
 Keimdrüse zum Eierstock aus, so verkümmern die theilweise hineingewachsenen WOLFF-  
 schen Blinddärmschen zu dem Nebeneierstock. Im Gegentheile verlängern sie sich und  
 knäueln sich knäuelartig, wenn die Keimdrüse zum Hoden wird. Die nicht mit dem  
 Keimdrüse verwachsenen Kanälchen sind die Vasa aberrantia Halleri. Bei beiden Geschlech-  
 tern bleiben die oberen blasigen Enden der MÜLLER'schen Gänge, beim Mann als MORGAGNI'sche  
 Bläschen, beim Weib als ein Bläschen in der Nähe der Tuben. Die Reste des Urnierentheils  
 der WOLFF'schen Körper werden beim Weibe zu einem dem Nebeneierstock anliegenden  
 Organ, beim Manne liegen sie am Nebenhoden als GIRALDÈS'sches Organ, Parepididymis.

**Zur vergleichenden Anatomie. — 1. Hoden (LEYDIG).** Der Hoden der Wirbelthiere enthält  
 sekretorischen Zellen theils wie der Menschenhoden in langen Kanälchen oder in gestiel-  
 oder ungestielten Blasen. Dem Menschenhoden analog verhalten sich die Hoden der  
 Säugethiere, der Vögel, Schildkröten, Saurier, Ophidier, z. B. der Ringelnatter. Bei den  
 Reptilien erweitert sich das blinde Ende der weniger gewundenen Samenkanäle etwas  
 sackartig. Durch eine gleichzeitige Verkürzung der Drüsenkanäle wie bei Salamandern  
 findet der Uebergang zu den Hoden gebildet, die aus gestielten Blasen bestehen (Coecilia  
 ulata). Bei Rochen, Haien und Chimären treten die Ausführungsgänge mehrerer solcher  
 Hoden zu grösseren Stämmchen zusammen, sodass zuletzt nur eine mässige Anzahl Vasa  
 aberrantia aus dem Hoden austritt. Bei den Knochenfischen (vielleicht auch bei einigen  
 Reptilien) sind wohl häufig statt der Kanäle blasige Räume vorhanden, welche in einen gemein-  
 en Hohlraum münden. Beim Stör trifft man dagegen Samenkanälchen. Sowohl wenn  
 Hoden als wenn Blasen den Hoden zusammensetzen, hat man seine bindegewebige Tunica  
 propria und Sekretionszellen im Innern der Drüsenhölräume zu unterscheiden, sodass der  
 Aufbau überall, trotz der geschilderten Formverschiedenheiten im Allgemeinen eine grosse  
 Uebereinstimmung zeigt. Ebenso löst sich die äusserliche grosse Mannichfaltigkeit der  
 Hodenformen bei den Wirbellosen zu ziemlicher Uebereinstimmung auf, wenn man nur die  
 an betheiligten Gewebe ins Auge fasst. Auch hier sind dies nur Bindesubstanz und  
 Sekretionszellen. Bei den Cölenteraten scheinen nur die letzteren das Wesentliche zu sein,



es können bei unseren Hydren die Zellen der äusseren Haut durch lokale Ver-  
Umbildung ihres Inhaltes zu Samenzellen werden. Die der Tunica propria des  
liegenden Zellen wimpern bei wenigen Thieren, z. B. bei den eigentlichen Hydren

2. Eierstock (WALDEYER). Im Allgemeinen zeigt sich eine Uebereinstimmung mit  
lichen Keimdrüse. Bei den niedersten Thieren scheinen auch die Eierstöcke auf  
lichstes Element, die Eizelle, reducirt. Bei den Poriferen sollen sich z. B. Cana-  
zellen des Kanalsystems zu Eiern ausbilden können. Bei den Infusorien ist  
als weibliches keimproducirendes Organ aufzufassen. Bei manchen Würmern  
teraten sind einzelne Zellen der Leibeshaut mit Keimepithel bekleidet, auf  
Unterlage, die Zellen wachsen ohne Weiteres zu Eiern aus. Echinodermen, Me-  
fast alle Arthropoden, zeigen besondere nach dem Typus der schlauch- oder  
migen Drüsen gebaute Organe, bei den meisten finden sich Analogieen der Eierstöcke  
bei den Vertebraten zur ständigen Eierzeugung werden. Die primordiale Eizelle in  
Ausbildung besonderer Nebentheile in ein eigenes Fach eingeschlossen, von  
cularisirten Stroma umgeben. Die ganze Anlage der Eierstöcke folgt entspre-  
Typus der achten, d. h. epithelialen Drüsen, auch werden epitheliale Gebilde in  
rundlichen, länglichen oder schlauchförmigen Massen in ein Bindegewebiges Ge-  
des Gerüste eingebettet. Erwähnung haben noch die Zwitterdrüsen zu finden  
bei dem Molluskentypus sehr verbreitet sind, hier werden, mitunter sogar in Ge-  
likeln, sowohl Eier als Samenkörperchen aus den Epithelzellen der Drüsenmasse  
z. B. bei *Limnaeus auricularis* (Eisig). Beiderlei Zeugungsstoffe können dann  
durch denselben Ausführungsweg finden.

### Eireifung und Menstruation.

Periodisch, bei dem menschlichen Weibe meist alle 28 Tage, bei Sie-  
in grösseren Zwischenräumen (Brunst), gelangen ein oder mehrere Pa-  
Ovariums zur Reife. Die Follikel dienen als Sprengorgane der Eierstöcke  
Ihre Grösse und die Spannung ihrer Wand nimmt namentlich durch Ver-  
des Liquor folliculi mehr und mehr zu, die reifenden Follikel nähern  
Oberfläche des Ovariums und kommen schliesslich unmittelbar unter die  
Bindegewebsschichten zu liegen. Endlich platzt der Follikel mit den ihn  
deckenden Ovarialschichten, das Eichen, umgeben von den Zellen des  
proligerus, wird mit der Follikelflüssigkeit frei und von dieser in die Tu-  
geschwemmt, welche, wie man annimmt, sich zur Aufnahme des Eies  
Fransen an den Eierstock anlegen. Der Eierstock des menschlichen We-  
hält in gemässigten Klimaten etwa von dem 15. Jahre an bis zur Men-  
ziger reife Eier. Der periodische von einer Begattung vollkommen un-  
Vorgang der Eilösung (Biscuore) ist mit einer kapillaren Blutung der  
schleimhaut verknüpft: Menstruation, Regel, welche meist mehrere Ta-  
halt. Auch bei den Säugethieren ist die Eilösung mit einem Blutabgang  
Genitalien verbunden. Bei dem menschlichen Weibe wird meist nur  
jeder Menstruation gelöst. Während der Schwangerschaft und Laktation  
normal keine Eireifung und daher auch keine Menstruation statt. (U-  
strualblut cf. S. 365.)

PLÜGGE hat die Meinung ausgesprochen, dass die mit einer theilweisen Ablösung  
oberflächlichen Schichte des Uterusepithels einhergehende Kapillarblutung des Uterus  
sein eine «Anfrischung» der Uterinschleimhaut in chirurgischem Sinne sei, um die Ver-  
gleichsam Verwachsung des befruchtenden Eichens mit der Uterinschleimhaut zu vermeiden.

stzte Follikel bildet sich zum Corpus luteum. Bei dem Zerreißen gelangt seine Höhle. Die Zellen des Follikelepithels wuchern zuerst, gehen dann aber Metamorphose ein, die Follikelwand bildet sich zurück, der so gebildete gelbe t wieder mehr und mehr in das Innere des Ovariums. Meist schon vor der den Menstruation schrumpft das Corpus luteum immer mehr, endlich verschwindet einige Pigmentkrystalle, Haematoidin, zurücklassend. An der oberflächelle des Ovariums bleibt eine Narbe, wodurch die anfänglich glatte Ovarialoberund mehr uneben wird. Während der Schwangerschaft entwickelt sich das andene Corpus luteum zu bedeutenderer Grösse: man bezeichnet solche als be Körper, während man die nach jeder Menstruation sich bildenden falsche nennt.

### Die Befruchtung. Zeugung.

stehung eines neuen vollkommenen Individuums durch geschlechtg wird durch die materielle Vereinigung der Keimsubstanzen des und weiblichen Geschlechts eingeleitet. Das Wesen der Befruchtung im Eindringen eines oder mehrerer Samenfäden in das Innere des Eies telzen der Substanz der weiblichen Keimzelle, des Eies, mit der der des Samenfadens (S. 16). Die in das Ei eingedrungenen Samenfäden rin in einer bisher noch nicht näher erkannten Weise auf. wahrscheinlich treffen bei dem menschlichen Weibe, wie bei den , Ei und Samen oft schon auf dem Ovarium oder in dessen Nähe in usammen, Bischoff fand bei Säugethieren nach der Begattung (nach bei einer Hündin) Samenfäden auf der Oberfläche des Ovariums. Das i gelangt meist, wahrscheinlich unterstützt durch die Flimmerbewebenschleimhaut in den durch die Menstrualblutung zu seiner Aufreiteten Uterus, setzt sich an dessen Schleimhaut fest und wird von h nicht vollkommen aufgehellter Weise umwachsen.

ung auf nähere Beschreibung der folgenden Vorgänge der Schwangerschaft, sowie auf die Kritik der Lehren über Ueberschwängerung und Ueberg; wird auf die Lehrbücher der Geburtshülfe verwiesen.

ANI hat zuerst unbestreitbar bewiesen, dass der materielle Kontakt von Samen wesentliche Bedingung der Befruchtung bildet. Nach Unterbindung der Tuben tung unwirksam, Frosch- und Fischeier entwickeln sich bei künstlicher Be-, auch Säugethiere können mittelst Einspritzung von Samen in die Genitalien werden. Schon SPALLANZANI'S Versuche wiesen auf die hervorragende Bedeutung den für die Befruchtung hin. Nach den Untersuchungen von BARRY, NEWPORT F dringen die Samenfäden unter lebhaften Bewegungen mit dem Kopf voran na pellucida des Säugethiereies in diese ein. Bei den-Eiern der Insekten und idewürmer etc., sind für das Eindringen der Samenfäden eigene Oeffnungen, en, für den Durchtritt der Samenfäden an den festen Eihüllen vorhanden.

**Zeugung** (CLAUS). — Im ersten Kapitel haben die wichtigsten Gesichtspunkte über ung neuer Individuen schon ihre Darstellung gefunden. Es erübrigt noch die n Formen der elterlichen Zeugung im Einzelnen etwas näher zu betrachten. ch im Allgemeinen immer auf die Absonderung eines körperlichen Theils n, welcher sich zu einem dem elterlichen Organismus ähnlichen Individuum Als Hauptformen der Zeugung pflegt man zu unterscheiden: Theilung, z. Keimbildung und geschlechtliche Fortpflanzung. Die drei ngsformen werden als ungeschlechtliche Zeugung zusammengefasst. Die



Fortpflanzung durch Theilung findet sich vorzugsweise bei den Protozoen. Bei in zwei Individuen führende Abschnürung des Mutterthiers kann longitudinal, und diagonal erfolgen, sie kann vollständig oder unvollständig sein. Im letzteren steht durch fortgesetzte unvollständige, dichotomische Theilung, wobei die neuen Thiere mit den alten im Zusammenhang bleiben, ein sogenannter Thierstock (Linnaeus, Polypenstöcke). Bei der Keimung geht der Abschnürung oder vollständigen einseitigen, zur Bildung einer Knospe führendes Wachsthum des Mutter aus. Tritt keine vollkommene Abtrennung ein, so entstehen auch hier wieder neuer Theilung Thierstöcke (Polypenstöcke). Bei der Keimbildung sind im Innern des Organismus Zellen oder zellenähnliche Bildungen (Keimkörner) die zu neuen Individuen organisiren können. Bei den Gregarinen löst sich das ganze Thier in Keimkörner, d. h. in ihre Nachkommenschaft auf, meist bildet sich ein Theil des mütterlichen Organismus zu Keimen um (Trematoden, Sporozoen), geschieht das in der Mehrzahl der Fälle in einem bestimmten, die Fortpflanzung übernehmenden Organe: Fortpflanzungskörper (Infusorien, Ciliaten, vivipare Aphiden, cf. unten).

Die geschlechtliche Fortpflanzung schliesst sich in ihren Organen der Keimbildung vollkommen an. Im Allgemeinen besteht ihr Wesen in der Bildung verschiedener Keime, Eizelle und Samenzelle, deren Konjugation erst zur Entwicklung neuen Individuums führt. Die Fortpflanzungskörper bezeichnet man hier als männliche (Samen erzeugende) und weibliche (Eier zeugende) Geschlechtsorgane. Die ursprüngliche und einfachste Form des Auftretens der Geschlechtsorgane erscheint im Hermaphroditismus. Ei und Same wird von demselben Thiere erzeugt, der Hermaphrodit repräsentirt für sich allein die Art. Am meisten verbreitet ist diese Fortpflanzungsform unter den niederen Thieren, doch findet er sich in allen thierischen Organismen (Ciliaten, Clams). Besonders einzeln vorkommende (Eingeweidewürmer oder bewegende (Landschnecken, Würmer) oder der Ortsbewegung ganz unfähige (Tunicaten, Austern) sind hermaphroditisch. In den einfachsten Fällen befruchten sich die beiden nachbarlich entstandenen Keime direkt in der Zwitter (Ctenophoren). Bei den Schnecken finden sich noch Eierstöcke und Samen Drüse: Zwitterdrüse, vereinigt, die Ausführungswege zeigen dabei eine schreitende Sonderung. Bei den Trematoden bestehen zwischen den getrennten Gängen noch kommunizirende Gänge, durch welche ein Begegnen der beiden Keime ermöglicht ist. Endlich leitet der Hermaphroditismus dadurch zur Trennung schlechter über, dass Eierstöcke und Ovarien vollständig getrennt ausgebildet besitzen, sodass nicht mehr die Selbstbefruchtung, sondern die Wechselbefruchtung zweier hermaphroditischer Individuen, von denen dabei meist jedes das Männchen und Weibchen spielt, zur Regel wird. Verkümmert die von den Geschlechtsorganen theilweise oder vollkommen (Distomum filicollis und haemodorum) wir Individuen getrennten Geschlechtes vor uns.

Die geschlechtliche Zeugung schliesst sich noch weiter durch die besonders ziemlich häufig beobachtete (v. Siebold) Parthenogenese an die Fortpflanzung an. Die in einem ausgesprochen weiblichen Organismus, in einem Eizelle ist unter gewissen Verhältnissen ähnlich wie die Keimzelle spontan und ohne Hinzutritt des männlichen Keimstoffs (Bienen, Psychiden, Schlingens etc.). Bei den sonst eierlegenden und geschlechtlich sich fortpflanzenden kommen Generationen, im Allgemeinen nach dem Typus von Weibchen gebildet Individuen vor, denen die Einrichtungen zur geschlechtlichen Befruchtung und deren Eier sich ohne Begattung entwickeln. Auch die Centaureen zeugen lebendige Junge. In der Anlage der Fortpflanzungsdrüse entsteht gleichzeitig eine Anzahl von Fortpflanzungszellen, welche sich sofort ohne Keim

zu entwickeln, sodass hier kein Unterschied zwischen der Geschlechtsdrüsenanlage und Fortpflanzungskörper der Keimbildung existiert (cf. oben).  
 Den (S. 16. 912) wurde darauf hingewiesen, dass auch das unbefruchtete Säugethiereier die ersten Stadien der Entwicklung regelmässig durchmacht (BISCHOFF, OELLACHER), es geht dann in der Folge sehr bald zu Grunde. Bei der Parthenogenesis schreitet die Entwicklung dieses bis zu ihrem Endziele fort. Wahre Parthenogenesis ist bisher nur neben geschlechtlicher Zeugung beobachtet worden, stets liefert sie nur Individuen eines Geschlechts. Längsten bekannt ist der Vorgang bei den Bienen. Von dem Hochzeitsflug kehrt die Bienenkönigin mit gefülltem Receptaculum seminis in den Bienenstock zurück, sie ist willig im Stande die von ihr gelegten Eier zu befruchten. Es ist durch die Untersuchungen von STROBIL u. A. erwiesen, dass nur die Eier, aus welchen sich Arbeiterinnen bilden, befruchtet werden, die Eier, aus denen sich Drohnen, Männchen entwickeln, dagegen unbefruchtet. Bei den Psychiden fand v. STROBIL das Verhältniss im Allgemeinen analog wie bei den Bienen, die unbefruchteten Eier liefern hier aber nur Weibchen. Die Parthenogenesis steht mit dem Generationswechsel in einem gewissen Zusammenhang. In der Mehrzahl der Fälle sehen wir aus dem Ei einen jugendlichen Organismus hervorgehen, der sich nach mehr oder weniger grosser Umbildung zum geschlechtlichen, die Art repräsentirenden Organismus umbildet. Beschränkt sich die nachembryonale Entwicklung nicht nur auf allgemeines Wachsthum, und die Ausbildung der Geschlechtsorgane, sondern ist die Körperform des neugeborenen Organismus in wesentlichen Stücken (morphologische Einrichtungen, Larvenorgane) von denen des erwachsenen unterschieden, so bezeichnen wir die Entwicklung als Metamorphose, das unentwickelte Junge als Larve. Der Generationswechsel zeigt uns nun Fälle, bei denen die Entwicklungsstadien nicht an einem und demselben Individuum wie bei der Metamorphose ablaufen, sondern die gesamte Lebensgeschichte der Art nicht mit der Entwicklung eines Individuums beginnt und abschliesst, sondern sich aus dem Leben und der Entwicklung von Eiern oder mehrerer Generationen zusammensetzt. Der Larvenzustand, welcher sich zu dem Zustande des vollkommenen geschlechtlich entwickelten, die Art repräsentirenden Individuums bei der Metamorphose an ein und demselben Thiere fortbildet, ist bei dem Generationswechsel selbständig, pflanzt sich ungeschlechtlich fort (S. 926), erst nach einem gesetzmässigen Wechsel einer oder mehrerer ungeschlechtlich fortpflanzender, verschiedenartiger, gleichsam Larven darstellender Generationen entsteht wieder eine geschlechtlich entwickelte, sich geschlechtlich fortpflanzende Generation. direkten Nachkommen dieser sind wieder von ihnen verschieden, pflanzen sich ungeschlechtlich durch Knospung oder Keimung fort (Ammen), woraus entweder sofort oder nach einer neuen Ammengeneration (man unterscheidet dann die erste Generation als Grossmutter von der zweiten der Ammen) entwickelte Geschlechtsthiere hervorgehen. Unterscheiden sich die Ammen in Gestalt und Lebensverrichtungen wenig von den entwickelten Geschlechtsthiere wie bei Salpen und Aphiden, so bezeichnet man das wohl auch als Parthenogenie. Bei Trematoden, Cestoden, Medusen steht die Amme zum Geschlechtsthiere in Verhältnisse einer Larve. Ammen und Geschlechtsthiere können mit einander zu polymorphen Thierstücken (Siphonophoren) vereinigt sein, wo dann die Individuen in Form, Organisation und Lebensaufgabe verschieden sind (CLAUS).

**Begattungsorgane und Begattung.** Bei dem Menschen wird der Same zum Behufe der Befruchtung in die weiblichen Geschlechtsorgane eingebracht, die hier theilhaftigen Organe werden als Begattungsorgane, der Akt selbst als Begattung bezeichnet. Das männliche Begattungsglied wird durch die Erektion zu dieser befähigt. Das Wesen der Erektion besteht in einer strotzenden Blutfüllung der Corpora cavernosa. Sie scheint auf einer Hemmung des Blutabflusses von den Schwellkörpern, durch Kompression der abführenden Venen, und gleichzeitig auf einem vermehrten Blutzufluss durch Nachlass einer tonischen Gefäss-



Kontraktion KÖLLIKER) zu beruhen. ECKHARDT fand, dass beim Hunden, welche vom Plexus ischiadicus zum Pl. hypogastricus verlaufen erigentes, durch ihre Reizung Erektion veranlassen; LOVY beobachtet dabei die angeschnittenen Gefässe des Plexus stärker bluten, was die Erschlaffung der Gefässwandungen sprechen mag. Der Druck in den Venen steigt dabei nur auf  $\frac{1}{4}$  des Druckes in der Carotis desselben Thier. GENTHER und HALSMANN durchschnitten die vasomotorischen Nerven, welche durch den N. pudendus und die Nn. dorsales penis gehen, die Fähigkeit zur Erektion vernichtet wurde (S. 898). Eine Kompression der Venen haben die Beobachtungen HENLE's und LANGER's wahrscheinlich gemacht. Nach dem ersteren könnte sie, namentlich bei dem Maximum der Erektion, den Musculus transversus peritonei erfolgen, durch den die Vv. profundae durchtreten. LANGER weist in demselben Sinne auf die an glatten Muskeln reichenden Vorsprünge in den Venen des Plexus Santorini hin, sowie auf die Vv. profundae durch die Corpora cavernosa selbst hindurchlaufenden Verlauf der Arteriae helicinae, welcher eine Verlängerung der Arterien ermöglicht, ist bekannt.

Der Same wird bei sensibler Reizung des Penis aus den Samenbläschen durch peristaltische Kontraktion der Samenleiter und Samenblasen in die Samenröhre und von da durch rhythmische Kontraktionen der Mm. bulbocavernosus und ischiocavernosus in die weiblichen Geschlechtsorgane eingetrieben, wobei ebenfalls gewisse Reflexbewegungen, z. B. senkrechteres Aufstellen (S. 897) und peristaltische Bewegungen des Uterus und der Tuben nach oben eintreten sollen. Die Ursachen des Vordringens des Samens in die Uterus zum Ovarium sind unbekannt, die regellosen Bewegungen der Samenleiter, dasselbe nicht vermitteln, ebensowenig scheint das nach auswärts gerichtete Flimmerepithel der Tubarschleimhaut dazu geeignet.

**Entwicklung der äusseren Genitalien (KÖLLIKER).** Hoden und Eierstöcke liegen in der Bauchhöhle an der vorderen inneren Seite der Urnieren neben den Leisten. Hoden rücken bekanntlich später allmählich nach abwärts (*Descensus testicularis*), gelangen meist noch vor der Geburt (im 8. Monat) durch den Leistenkanal in die Höhle, welches sich schon im dritten Monat der Processus vaginalis peritonei selbstständig hat. In Ausnahmefällen bleibt ein oder beide Hoden im Leistenkanal oder in der Leiste zurück, Kryptorchidie. Der *Descensus ovarii* ist weniger ausgeprägt als der des Hodens, die Eierstöcke gegen die Leistengegend herab, indem sie sich zu gleicher Zeit in die Höhle ziehen. In sehr seltenen Fällen treten sie wie die Hoden in den Leistenkanal und können in die grossen Schamlippen hernabruken.

Die äusseren Geschlechtstheile bilden sich bei beiden Geschlechtern von gleicher Anlage. In der vierten Woche zeigt sich nahe am hinteren Leibesende die Aftermündung, die gemeinsame Mündung des Darms, des Urethrus und der Uterus. Vorher sich diese einfache Oeffnung trennt, erheben sich, etwa in der sechsten Woche derselben ein einfacher Wulst: Geschlechtshöcker, und zwei seitliche Geschlechtshöcker. Gegen Ende des zweiten Monats zeigt sich weiter die Geschlechtsschlechtsfurche von der unteren Seite des sich mehr erhebenden Höckers zur Aftermündung verlaufend. Im dritten Monat, in welchem sich auch die Kloakenmündung der beiden oben angeführten Oeffnungen durch Bildung des Damms trennt, sind die Geschlechtstheile deutlicher hervor (Fig. 269 u. 270). Beim männlichen Ende des Geschlechtshöckers zum Penis, im dritten Monat bildet sich an seiner Spitze eine kleine Vorwölbung, die Glans, in der ersten Hälfte des vierten Monats verwächst die Glans

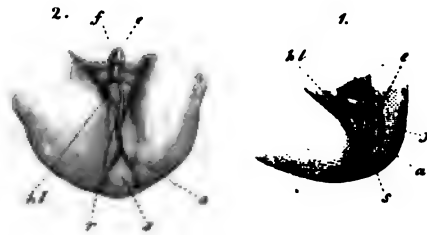
röhre, und etwa gleichzeitig verwachsen auch die beiden Genitalfalten zum Scrotum, Naht: Raphe scroti et penis, die von der Penis Spitze zum Anus läuft, deutet die Ver-

Fig. 269.



Mildung der äusseren Genitalien des Menschen nach ECKER. 1. Unteres Leibesende eines Embryo des achten Monats, 2mal vergr. a Glans oder Spitze des Genitalwulstes, f Genitalfurche rückwärts zu einer Öffnung, die um diese Zeit auch die des Mastdarmes ist, n eine Kloakenmündung darstellt, n Nabelstrang. 2. Von einem 2 1/2" langen, etwa zehn Wochen alten weiblichen Embryo. a After, u Öffnung des Sinus urogenitalis, f Genitalfurche oder Labia minora. Die übrigen Buchstaben wie bei 1.

Fig. 270.



Zur Entwicklung der äusseren Genitalien nach ECKER. 1. Von einem 1" langen Embryo, 2mal vergr., ein Stadium darstellend, das dem der Fig. 270, 2 vorangeht, bei dem das Geschlecht noch nicht entschieden ist. 2. Von einem männlichen Embryo von 2" 1/2" vom Ende des dritten Monats. Buchstaben wie bei Fig. 269. Bei 2. ist die Genitalfurche geschlossen in der Naht r des Penis, Scrotum und Perineum.

Entwicklungsstelle an. Den hinteren Harnröhrenabschnitt bildet der Sinus urogenitalis, als röhrenförmiger Ansatz nun die Harnröhre des Mannes erscheint. Bei den weiblichen äusseren Genitalien verwachsen Geschlechtsfurche und Geschlechtswülste nicht, auch der Sinus urogenitalis ganz kurz bleibt. Die Genitalwülste werden zu den grossen Schamlippen, die Ränder der Geschlechtsfurche zu den Labia minora, von welchen aus dann eine Falte um die Glans der aus dem Geschlechtshöcker sich bildenden, lange unverändert gross bleibenden Clitoris sich erhebt. Der verkürzte Sinus urogenitalis bildet eine Grube zwischen den kleinen Schamlippen, in welche die kurze Harnröhre und die Urethra getrennt einmünden.



## Alphabetisches Register.

### A.

- Abkühlung durch die Haut und Lungen 566.  
   — künstliche 559.  
 Abklingen der Farben 777.  
 Absonderung der Drüsen 229.  
 Absorption der Gase 423. 424.  
 Abtrille 488.  
 Abzugskanäle 488.  
 Achsencylinder 7. 21. 37. 884.  
 Acidalbumin 63. — cf. Magenverdauung u. Muskel.  
 Acrolein 448.  
 Ackererde, ihr Verhalten gegen Lösungen 446.  
 Aderhaut 744.  
 Aderlass 428.  
 Aequator des Auges 708.  
 After, cf. Rectum.  
 Akkommodation 726. 741. 762. 790. —  
   cf. Ciliarmuskel und Zonula Zinnii.  
 Akkommodationsbreite 750.  
 Akkommodationslinie 742.  
 Akkommodationsphosphene 764.  
 Akustikus 830.  
 Akustische Endapparate 824. 831. 833.  
 Albumin und Albuminate 49. 55. 60.  
   — ihr Nachweis 61. — mikroskopische Reagentien 62. — der Pflanzen 55. — Bildung und Zersetzung 65. — des Thierkörpers 60. — cf. Verdauung, Ernährung, Muskeln etc.  
 Albuminoide 64.  
 Alkalisalze, ihre Vertheilung im Organismus 420. — im Wasser 440.  
 Alkohol 467. 476. 568.  
 Allantoin 73.  
 Allantois 46.  
 Alloxan 73. 299.  
 Alt 608.  
 Ameisensäure 56.  
 Amnion 46.  
 Ammoniak im Trinkwasser 440. 461. 475. 544.  
 Amöben 409.  
 Amöboide Zellen, cf. Wanderzellen.  
 Amyloid 73.  
 Amylon, cf. Stärkemehl.  
 Anorganische Stoffe, cf. Aschenbestandtheile. — im Trinkwasser 439. — in der Nahrung 461. 475.  
 Antimonwasserstoffgas 335.  
 Apfelsäure 56.  
 Apnoe 459.  
 Arbeit 88. 94.  
 Arbeitsleistung anim. Organismus 581. 603. — durch Muskel 620. — 428. — Athmung 402. 456. — 402.  
 Arrowroot 168. 248.  
 Arsenwasserstoffgas 335.  
 Aschenbestandtheile der Gewächse ihre Funktion 78. 129. 204. — 470.  
 Asparagin 467.  
 Asphyxie 460. 749.  
 Assimilation der Pflanzenzelle 5  
 Asthenopie 749.  
 Astigmatismus 753, cf. Brillen  
 Athmung 425. 443. — Athmenstheorie derselben 464. — Historie — der Gewebe 443. 475. — Haut 473. — Darmathmung 474. — Kiemenabgabe 468. — Sauerstoffaufnahme dieselbe im Winterschlaf 473 — und Wasserabgabe 473.  
 Athmungsbewegungen 450. — 457. — ihre Selbststeuerung 459 rate zu ihrer Messung 456. — bei der luftleitenden Organe 462 — auf die Blutbewegung 439.  
 Athmungsgeräusche 456  
 Athmungsfrequenz 457 — Versuche darauf 458.  
 Atmosphäre, Verunreinigung 488. — ihre Bewegung im freien Luftdruck.  
 Atropin 719.  
 Auge 706, cf. Gesichtssinn. — Histologie 761. — Bau 706. — Entwicklung Vergl. Anatomie 728. — Schutzorgane — Funktionen 706. — Gestaltung und Entwicklung derselben 712. — Aequatorialebene 708. Augenarterie 749. — Lichtbrechung im Auge 712. Schematisches Auge 739. — Retina 740.  
 Augenbewegungen 778  
 Augenleuchten 759.  
 Augenmuskeln 782. — Lähmungen (Schielen) 799.

gel 759.  
ung der Drüsen 229.  
62.  
che Centren im Gehirn und  
rk 866.  
Imoskop 764.  
ler cf. Achsencylinder.

## B.

569.  
225.  
589.  
164.  
217.  
ranen 30.  
se 323. 324. 456.  
er 836.  
chel 269. — Historische Be-  
273.  
cheldrüse 268. — Entwicke-  
— Vergl. Anatomie 273.  
en 330.  
mhöhle 44.  
ig der Eizelle 46.  
ig 580. 794.  
Gesetz 705.  
re 70.  
äure 67. 544.  
89.  
7. 476. 206. 244.  
75.  
75.  
75.  
f. cf. Galle und Hämatoidin.  
75.  
he 23. 77. — Seine Entwicke-  
— vergl. Anatomie 28. cf. Hornhaut.  
bszellen 24. cf. Hornhaut 42.  
raktilität 405. — Zusammenhang  
nphgefässen 334.  
ie Bildung 244.  
l.  
387.  
kwasser 444. cf. Kochgeschirre  
ler Leber 279.  
k im Auge 766. 789.  
— Vergl. Physiologie 355. —  
nd venöses 363. — Physiol. Ein-  
eine Zusammensetzung 364. —  
Einflüsse darauf 388. — Stoff-  
lebenden Blut 365. — Verhalten  
egen giftige Gase 364. 384. —  
nicheldrüsen 235.  
354. — Blutuntersuchung und  
17. 359. 386.  
ung 389. 411. 425. — Unter dem  
417. — Accessorische Einwir-  
dieselbe 438. — Ihre Geschwin-  
Bestimmung derselben 429.  
26. 437.  
369.  
ung 427.  
6.

Blutgefässe 27. 411. — Ihr Bau 443. —  
Entwicklung 417. 440. — Vergl. Anatomie  
bei Herz. 407. — Nerveneinfluss auf ihre  
Weite 411. — Ihre Betheiligung an der Re-  
sorption 334. — Blut und Muskel 625.  
Blutgerinnung 347. 352. 366. cf. Fibrino-  
gene Substanz.  
Blutkörperchen 28. 348. — Kontraktilität  
der weissen 404. 405. — Untersuchung 386.  
— Betheiligung an der Athmung 469. —  
Volum und Oberfläche 472. — Entstehung  
der rothen und ihr Untergang 430. 482. 367.  
369. — Ihre vergl. Anatomie und Physiologie  
350. — Entwicklungsgeschichte 43. — als  
Ernährungsfaktor 492. 383.  
Blutkörperchenhaltige Zellen 406. 370.  
Blutkreislauf, seine Geschwindigkeit 434.  
— embryonaler 440.  
Blutmenge 499. 377. 383. 430. 437. — in  
den Organen cf. Funktionswechsel und Blut-  
vertheilung. — Bei verschiedenen Thieren  
378. — Ihre Bestimmung 382. 437. — Blut-  
menge, welche eine Systole überpumpt 427.  
430.  
Blutserum 353.  
Bluttransfusion 383.  
Blutvertheilung in den Organen 379. 430.  
cf. Funktionswechsel.  
Bouillontafeln, cf. Leim.  
Brandblase 42.  
Branntwein 467. 476. 244.  
Brechungsvermögen der Augenmedien  
784. 737.  
Brillen 752. 755. 762. cf. Linse.  
Bronchialsteine 542.  
Brot 467. 219.  
Brunner'sche Drüsen, cf. Darmschleim-  
haut.  
Buchweizen 466.  
Bunsen'sche Elemente 680.  
Butter 452. 217. 222.  
Buttermilch 452.  
Buttersäure 56.

## C.

Cacao 475.  
Cacaobutter 57.  
Caffee 475. 244. 324.  
Caffein 324.  
Calabar 749.  
Calcium 50.  
Canal, SCHLEMM'scher 742. 748.  
Camera obscura 783.  
Caprinsäure 56. 71.  
Capronsäure 56. 67. 71.  
Caprylsäure 56. 71.  
Carbolsäure 303.  
Cardinalpunkte, optische, ihre Definition  
734. — des Auges 739.  
Casein 62. 466. — Albuminate, Milch etc.  
Cellulose 10. 55. 69. — verdaulich 467.  
254. 256. — Vorkommen im Thierreich 9. 82.  
Cetyläther 69.  
Chenocholsäure 74.  
Chinin 475.



- Chitin 80. 65.  
 Chlor 50. 544. — Bestimmung cf. Harn. —  
 Wirkung auf die Athmung 464.  
 Chlorammonium 80. cf. Kalisalze.  
 Chlorkalium 80.  
 Chlornatrium 80.  
 Chlorophyll 40. 53. 54. 84. 94.  
 Chocolate 475.  
 Cholesterin 67. 280. 295. 296.  
 Cholesterinsäure 74.  
 Choloidinsäure 74.  
 Cholsäure (Cholalsäure) 74.  
 Chondrigene Substanz 65. 82.  
 Chondrin 65. 588. 742.  
 Chondroglycose 65.  
 Chorda dorsalis 39.  
 Choroida 744.  
 Chromatische Abweichung des Auges 757.  
 Chylus 82. 332. — Seine Zusammensetzung  
 337.  
 Chylusbewegung 333. 344.  
 Chylusgefäße 328. 333. 344.  
 Chymus 254.  
 Ciliarfortsätze 745.  
 Ciliarmuskel 744. 726. cf. Akkommodation.  
 Citronensaft als Nahrungsmittel 469.  
 Citronensäure 56.  
 Cocusnussbutter 57.  
 Collagen 64.  
 Colostrum 446. 449.  
 Colostrumkörperchen 446. — ihre Kon-  
 traktilität 406.  
 Commissurenfäden 20. cf. Ganglienzellen.  
 Concretionen des Harns, cf. Harnsteine,  
 cf. Gallensteine.  
 Conjunctiva 803.  
 Conjugation 45. 46.  
 Contractilität der Zellen 403. 427. — Ihre  
 Bedingungen 406. — des Muskels 620. —  
 der Ureteren 509.  
 Consonanten 608.  
 Consonanz 844.  
 Contrast, optischer 777.  
 Coordinationcentren 874.  
 Coordinirte Bewegungen 874.  
 Cornea 709. — Ihre Krümmung 712.  
 Corpus luteum 434.  
 Corti'sches Organ 825.  
 Crusta phlogistica 348.  
 Crystallin 63.  
 Crystalllinse 724.  
 Cuticularbildungen 30. 82.  
 Cyan, seine Verbrennungswärme 99.  
 Cyankalium 387.  
 Cyanose 474.  
 Cysticercus 464.  
 Cystin 73. cf. Harnsteine.  
 Cytoblastem 42.  
 Cytoplasma 7.
- D.**
- Dampfmaschinen, Vergleich mit dem  
 Organismus 433.  
 Daniell'sche Kette 680.
- Darm 262. 324. — Seine Entwick-  
 cf. Darmschleimhaut. — Vergl.  
 320. 408.  
 Darmathmung 474.  
 Darmbewegung 324. 323.  
 Darmdrüsen 334. cf. Darmschleim-  
 Darmdrüsenblatt 23.  
 Darmeingang 44.  
 Darmentleerungen, ihre B.  
 230. cf. Koth.  
 Darmfaserplatte 42.  
 Darmgase 474. 304.  
 Darmrinne 42.  
 Darmsaft 264.  
 Darmschleimhaut 254. — Ihre  
 262. — Vergl. Anatomie 267. —  
 wickelung 255.  
 Darmverdauung 262. 269.  
 Darmsteine 542.  
 Darmzotten 327. — ihre verg.  
 Anatomie 330.  
 Descemetische Haut 709.  
 Desoxydation in der Pflanzenzelle.  
 Dextrin 55. 69. 237. 252. 278. 629.  
 Diabetes mellitus, cf. Zuckerharn-  
 Dialyse 445.  
 Diapedesis 406. 376.  
 Diastase, animalische 66.  
 Dickdarm, cf. Darm. — Resorp-  
 selben 332.  
 Diffusion der Flüssigkeiten 412  
 — der Gase 423.  
 Disdiaklasten 34. 443. 626. 667.  
 Dissonanzen 840.  
 Doppelbrechende Eigenschaf-  
 Augenmedien 725. 778.  
 Doppelbrechende Körperchen  
 cf. Disdiaklasten.  
 Doppeltsehen, binokulares 766  
 kulares 754.  
 Dotter 9. 48. 83. cf. Ei.  
 Dottersack 43.  
 Druck im Blutgefäßsystem, cf. B.  
 Druckempfindungen 695.  
 Drüsen und Drüsengewebe 28. 31.  
 Formen 34. — einzellige Drüsen  
 330. — Ihre membrana propria  
 Entwicklungsgeschichte und An-  
 tomie 32. — Als Nahrungsmittel  
 Drüsenausscheidung 32. 40.  
 330.  
 Drüsensaft 82.  
 Dulong'sches Gesetz 97. 99.  
 Durst 343.  
 Dyslysin 74.  
 Dyspepsie 260. cf. Verdauungs-
- E.**
- Echinococcusblasen 63.  
 Ei, Eizelle 8. 83. 949. — Befrucht-  
 46. 925. — Furchung 44. 920. — An-  
 tologie 83. — Eierepiration  
 dische Reifung 430. 924. — Stoff-  
 Stoffwechsel 83.  
 Eierstock 947.

30. 924.  
 Personen 793.  
 en mit zwei Augen 796.  
 0. — im Trinkwasser 444. — als  
 1478.  
 e Farbstoffe 75. — Zellen 42. 44.  
 ontraktilität 404. 405.  
 . Albuminate im Harn 422. 532.  
 estalle 60. 63. 64.  
 e 67.  
 s Gewebe und Substanz 25. 82.  
 des Muskels 619. — der Krystall-  
 at 88. — thierische 404. 429. 652.  
 g der Elektrizität auf Flimmer-  
 — auf Amöben 440. — ihre Be-  
 429. — Historisches 652. —  
 429. 665. 667  
 e Ketten 680. — Elektr. Neigungs-  
 . — Elektr. Organströme 665. —  
 zung, therapeutische 684. — Reiz-  
 80.  
 t 683.  
 us, elektrischer 670. — chemi-  
 — physiologischer 675. — des  
 rks 678. — der Netzhaut 765.  
 analyse, chemische 49.  
 lanlage, erste 39.  
 ig, Grundlage derselben 689. —  
 691. — Hemmungscentrum für  
 5.  
 igskreise 699. 702.  
 ehkeit der Haut 695. 702. cf.  
 ihl.  
 e 412. 413. 344. — im Darm 325.  
 ecitische 692.  
 e Wahrnehmungen 757.  
 Wahrnehmungen 837.  
 ig, cf. Diapedesis.  
 29. 430. — ihre Abschuppung  
 e Entwicklung, cf. Haut.  
 28. 430. — ihre Erneuerung 430.  
 Epithelien 30. — Entwicklung  
 Anatomie 30.  
 344.  
 es 260. — grüne Farbe dess. 75.  
 der Kraft, Gesetz derselben 86. —  
 ungsgesetze beruhen darauf 93.  
 574. 577.  
 e Substanzen 407. 633. 649.  
 des Zellenprotoplasmas 407. —  
 s 623. 633. 644. — der Nerven  
 Netzhaut 775. cf. Turnen, Ner-  
 sgefühl 704. cf. Turnen 474.  
 59. 442. — Gesetz derselben 479.  
 ches 483.  
 s weisen, verschiedene 208. —  
 eitsursache 249.  
 sversuche, Methoden dersel-  
 ; 460. 869. — Verhalten des Blu-

Essigsäure 56. 67.  
 Excremente 297. — Ihre pathologischen  
 Veränderungen 299. — Ihre Desinfection 302.  
 Extremitäten, Bildung derselben 44. —  
 Ihre Funktionen 594.

## F.

Facialis, sein Einfluss auf die Speicheldrüsen  
 232.  
 Fäulniss 432. — im lebenden Organismus  
 304.  
 Farbenblindheit 772.  
 Farbenkreisel 770. 773.  
 Farbenmischung 770.  
 Farbenwahrnehmung 768. 774. — Grund-  
 farbe 770.  
 Farbenzerstreuung im Auge 757.  
 Faserstoff 62. cf. Blutgerinnung.  
 Fascien, cf. Sehnen.  
 Federkymographion 434.  
 Fermente, thierische 66. 627. cf. Verdauung  
 249.  
 Fernsichtigkeit 746. 749. 751. 752.  
 Fette 55. 66. 69. — Als Nahrungsmittel 455.  
 461. 465. — Fett des Menschen 462.  
 Fettgewebe 25.  
 Fettleibigkeit 247. 378.  
 Fettmetamorphose 31.  
 Fettnahrung 448. 204.  
 Fettsäure 56. 66. 67.  
 Fettverdauung und Resorption 266. 270.  
 288. 330.  
 Fettzellen 84.  
 Fibrin 62. 352.  
 Fibrinogene Substanz 63. 352.  
 Fibrinoplastische Substanz 63. 352.  
 Fieber 442. 432. 437. 568. 574.  
 Filtration 420. — Aus und in die Gefässe  
 420. — durch lebende Gewebe 424. — Im  
 Darm 325.  
 Finne 464.  
 Fistelstimme 606. 607.  
 Fleisch als Nahrungsmittel 454. — Seine Zu-  
 sammensetzung 625. — Untersuchung 462.  
 464.  
 Fleischasche 456. 457.  
 Fleischextrakt 456. 457. 460. 248. 627.  
 (Fleischsuppe) 634.  
 Fleischinfus 460. 625.  
 Fleischmilchsäure 67. cf. ermüdende Sub-  
 stanzen 406. 407. 447. 428. 429. 431. 628.  
 Fleischnahrung 448. 494. 570.  
 Fleischsaft, cf. Infus. carn.  
 Fleischzucker 628.  
 Flimmerzellen 47. 405. cf. die einzelnen  
 Organe.  
 Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren  
 448. — in elastischen Röhren 423.  
 Flüstersprache 609.  
 Fluor und Fluorcalcium 50. 80. cf. Zähne,  
 Knochen.  
 Follikel 226. cf. Darmschleimhaut, Mandeln.  
 Fontana'sche Bänderung des Nerven 645.  
 Fovea centralis retinae 749. 722. 738.



Froschstrom 655. 865.  
Fruchthof 22.  
Fruchtzucker 55.  
Funktionswechsel der Organe 389. 632.  
Furchung der Eizelle 7. 14. 921.  
Furchungskugeln 6. 14.  
Fuselöl 177.

## G.

Gährkeller, Gefahren derselben 386.  
Gährung, cf. Fermente und 427. 474.  
Gährungserreger, cf. Fermente.  
Gänsegalle 74.  
Galle 279. — Ihre Absonderung 281. 292. — ihre Menge beim Menschen 284. — bei Thieren 286. — In Krankheiten 294. 382. — Ihr Nachweis 295. — Ihr Nutzen für die Verdauung 288. — Verhalten gegen Pepsin 289. — im Koth 289. — Ihre Einwirkung auf die Herzbewegung 400. — Historisches 290. cf. Koth, Harn.  
Gallenfarbstoff 74. 295. 524.  
Gallensäuren 74. 128. 429. 295. 524.  
Gallensteine 295.  
Ganglienzellen 49. 35. 882. — Ihre Entwicklung 37. — Ihre vergl. Anatomie 38.  
Gase, ihre Diffusion 423. — giftige cf. Blut und Athmung, Gehirn und Sympathikus.  
Gastrovascularsystem 408.  
Gefässblatt 22.  
Gefässsystem 389. — der Thiere 407.  
Gehen, Mechanik desselben 599.  
Gehirn 835. — sein Wassergehalt 499.  
Gehirnanhang 375.  
Gehirnnerven, ihr Ursprung 892. — ihre Funktionen 894.  
Gehörgang 842. — seine Untersuchung 843.  
Gehörknöchelchen 846.  
Gehörsempfindungen 804. 832.  
Gehörsinn 804. cf. Ohr.  
Gelenke 589. 596.  
Gelenkschmiere 589.  
Gemeingefühl 689. 703.  
Gemüse als Nahrungsmittel 464. 469.  
Gemüthsbewegung, ihr Einfluss auf das Herz 404. — Die Harnausscheidung 507.  
Generatio equivoca 12.  
Genussmittel 173. — Ihre Verfälschung 178.  
Gerbsäure 73.  
Geruchsempfindungen 846.  
Geruchsorgan 843. — Entwicklung 845. — Vergleichende Anatomie 845.  
Geruchssinn 843.  
Geschlechtstrieb 474.  
Gesichtsempfindungen 763. — subjective 778.  
Gesichtsfeld 738. 785. 790. — Wettstreit der Gesichtsfelder 801.  
Gesichtslinie 744.  
Gesichtssinn, cf. Auge. — Historisches 764.  
Gesichtswahrnehmungen 778. — Aufrechtsehen 786. 790. — Grössenwahrnehmungen 787. 788. 794. — Bewegungswahrnehmungen 788. — Richtungswahrnehmungen 788. — Tiefsenwahrnehmungen 788. — Tischenwahrnehmungen 788. — Stereoskopische Wahrnehmungen 788. — Doppeltsehen 734. 796.  
Geschmacksempfindungen 842.  
Geschmacksorgan 842. — Vergl. 852. cf. Mundhöhle.  
Geschmackssinn 843.  
Getreide als Nahrungsmittel 464.  
Asche 465.  
Gewebe 5. — ihre Bildung 21.  
Gewebsathmung 413. 415. 416. — ihre Betheiligung an der Gährungsproduktions 476.  
Gewürze 464. 477.  
Giftdrüsen der Schlangen 429.  
Glanz stereoskopischer Objekte 796.  
Glasbüble 25.  
Glaskörper des Auges 723.  
Glatte Muskelfasern 47. 31. 33. 4. — ihre Kontraktion 476. — Gasse, Darm, Tonsil.  
Globulin 63. 725.  
Glutin 64.  
Glycerin 56. 68.  
Glycerinphosphorsäure 46. 47.  
Glycin 65. 70. 71. 72.  
Glycocholsäure 70.  
Glycocol, cf. Glycin.  
Glycogen 65. 68. 277. 278. 280. 4.  
Gmelin'sche Probe 283.  
Graaf'sche Follikel 431.  
Grössenwahrnehmung 787. 790.  
Grove'sche Kette 489.  
Grütblindheit 772.  
Grundwasser 143.  
Gummi 55.  
Guanin 74.

## H.

Haare 547.  
Hamatoidin 74. 443.  
Hamatin 74.  
Hamin 74. — Haminprobe 399.  
Hamodromometer 438.  
Hamodynamometer 426.  
Hamotachometer 439.  
Hämoglobin (Hamatoglobulin, Hämoglobin) 49. 63. 129. 351. 372. 4. — optisches Verhalten 359. 387.  
Hallucinationen 828. cf. Phantasie.  
Hals, Bildung desselben 41.  
Harn 495. — Seine Chemie 522. — seines 516. — seine Reaktion (Harn) festen Stoffe 545. — sein specifisches Gewicht 545.  
Harnanalyse 547. — Schema derselben 543. — Bestimmung der krankhaften u. zufälligen Bestandtheile.  
Harnausscheidung 477. 481. 482. 483.  
Harnbestandtheile, zufällige.  
Harnfarbe 521. — Krystalle 521. 525. — Harnstoff 527. — Harnsäure 532. — Chlorsäure 533. — Schwefelsäure 533. — Schwefelwasserstoff 534.

508.  
chen 496.  
offe 75. cf. Harn 544. 545.  
07.  
507.  
70. 73. cf. Harn 373. 388. 540.  
eiss 552.  
es Ammoniak 84.  
ente 535.  
474. 539.  
4. 69. 509. cf. Harn 420. 428.  
72. 373. — im Schweiss 550. 552.  
in der Niere 505. — in der Leber  
den Lymphdrüsen 338. — im  
726. — Urämie 584.  
496.  
rte 309.  
56. — Resorption durch dieselbe  
Sinnesorgan 698. 702. — Empfin-  
699. 702. — Tastfeld 700.  
ing 473.  
in 35.  
555.  
42.  
39.  
4. 549.  
keit, Unterdrückung derselben  
stik 642.  
606.  
3.  
nerven 322. 403. 459. — ihre  
24.  
- Entwicklungsgeschichte 405.  
ge 407. — Vergl. Anatomie 407.  
pfindlichkeit 405.  
428.  
ung 395. 425. 457. — in ver-  
Gasen 404. — im Vacuum 404.  
denen Temperaturen 404. 402.  
ien 404. 405.  
42.  
en 398.  
00. 404. 428.  
n 402. 405.  
397.  
99.  
h 453.  
re 70. 428. 544. 553.  
  
ehörssinn.  
cf. Akustikus.  
0. — seine Bildungen 80.  
re 29. 30.  
09. — Ihre Krümmung 742. —  
1710.  
34.  
39.  
äche 796.  
hte 466.  
us 726.  
570. — Hungergefühl 474. 342.  
auer bei Hunger 344. — Blut-  
i 378.  
462.

Hyalin 65.  
Hydrodiffusion 443.  
Hydrodynamik, cf. Flüssigkeitsbewegung.  
Hydrolytische Spaltung 66.  
Hydroxyl 56.  
Hyochoisäure 74.  
Hypoxantin 74.

## I.

Ichtidin, Ichtin, Ichtulin 84.  
Identische Netzhautpunkte 797.  
Idiomusculäre Kontraktion 624.  
Imbibition 443. 447. — Kraftentwicklung  
dabei 443.  
Imbibitionsgesetz lebender Gewebe 448.  
Indican 75.  
Indigo 75.  
Indol 272.  
Inductionsapparate 684.  
Infusum carnis 460. 248. 625.  
Inosinsäure 74.  
Inosit 68.  
Intercellularflüssigkeiten (Zwischen-  
zellenflüssigkeiten) 82.  
Intercellulärmasse 48. 25. 82. cf. Horn-  
haut.  
Intermediärer Saftkreislauf, cf. Saft-  
kreislauf.  
Inulin 55.  
Iris 716, cf. Pupille und Akkommodation.  
Irradiation 774.

## K.

Käse 453. 244.  
Käsestoff, cf. Casein.  
Kaffee, cf. Caffee.  
Kalialbuminat 63.  
Kalium 50.  
Kalisalze als Nahrungsmittel 79. 460. 205.  
— Verhalten gegen Ackererde 416. — gegen  
lebende Gewebe 447. 429. — Vorkommen  
im Organismus 420. — im Brunnenwasser  
444. — in der Galle 294. cf. ermüdende Stoffe.  
Kalk, cf. anorganische Stoffe 79. — im Trink-  
wasser 444.  
Kartoffel 466. 469. 249. 222. 574.  
Kastanien als Nahrung 466.  
Kauen 308. 344. 346.  
Kauwerkzeuge 308. — Ihre vergl. Physio-  
logie und Anatomie 346.  
Kautschuk, sein Verhalten bei Erwärmung  
und Dehnung 73.  
Keimbläschen 7. 9. 16.  
Keimblase 24.  
Keimblätter 22.  
Keimzelle 8. cf. Ei.  
Keimsubstanz der Zelle 8.  
Keratin 64.  
Kern der Zelle 4. 6. 44. 33. 84.  
Kernkörperchen 6.  
Kiemen 442. 449.



Kiemenspalten 44, 449.  
 Kinderernährung durch Milch 451, 220, 234. — durch Mehl 215, 239.  
 Kindersuppe nach LIEBIG 248.  
 Kittsubstanz 45.  
 Klangempfindung 532. cf. Gehörorgan.  
 Klangfarbe 595, 599.  
 Kleber 55, 165. cf. Albuminate der Pflanzen.  
 Kleie 465.  
 Kleider 376.  
 Kloakenflüssigkeit 439, 441, 303.  
 Kloakenluft 356.  
 Klystiere, nährnde 296, 322.  
 Knochen 26, 586. — Entwicklung 583, 586. — vergl. Anatomie 28. — lufthaltige Knochen der Vogel 449. — Festigkeit 587. — Stoffwechsel 587.  
 Knochenbildung 26, 586.  
 Knochenleim. cf. Leim.  
 Knochenleitung, akustische 811.  
 Knochenmark als Bildungsstelle der rothen Blutkörperchen 13, 375.  
 Knorpel 26, 588.  
 Knorpelleim 65.  
 Knorpelzellen 6, 14, 18, 82, 105.  
 Knospenbildung 13. cf. Zeugung.  
 Kochgeschirr in hygienischer Beziehung 471.  
 Kochsalz als Nahrungsstoff 204.  
 Kohlehydrate 49, 55, 67, 68.  
 Kohlendunst 386.  
 Kohlenoxyd 420, 381, 387, 580.  
 Kohlensäure Bittererde 80.  
 Kohlensäureres Ammoniak 80. — Kali 80.  
 Kohlensäurerer Kalk 80.  
 Kohlensäureres Natron 80.  
 Kohlensäure 50, 57, 59. — Ihre Bestimmung in der Luft 489. — Wirkung auf das Protoplasma 107, 117, 128. — auf das Blut 384, 386. — Athmung 459. cf. Ventilation.  
 Kohlenstoff 49.  
 Kohlenwasserstoff 475.  
 Kolostrum 446, 449.  
 Kombinationstone 810.  
 Kopf, Bildung desselben 44.  
 Kopfbewegung 784.  
 Kopfdarmhöhle 44.  
 Kopfknochen, als akustische Leitungsapparate 814.  
 Kopfkrümmung 45.  
 Körperwärme 564.  
 Kostmaass 206, 208.  
 Koth 297. — In Krankheiten 297. — Seine Desinfection 230. — Seine Bestimmung bei Ernährungsversuchen 222.  
 Kraftsinn 704.  
 Krankenkost 218.  
 Kreatin 70, 73. cf. Muskeln, Harn 540.  
 Kreatinin 73. — Bildung in den Nieren 505, 510.  
 Kreislauf des Blutes 389. — Historisches 391. — Unter dem Mikroskop 447.  
 Kreislaufschema von WEBER 424.  
 Kreislaufzeit 434.  
 Kropf, Struma 374. — der Vogel 242.

Krystalle im Zellinhalt 18. — resp.  
 Kupfer 50, 75, 172, 178, 279.  
 Kurzsichtigkeit 714, 716, 719.  
 Kymographion 434.  
 Kynurensäure 74.

## L

Laabdrüsen 31. cf. Magenschleim.  
 Labyrinth des Ohres 822, 831, 831.  
 Latente Reizung 623.  
 Laurinsäure 56.  
 Lebensalter, ihre verschiedenen E.  
 220.  
 Lebenskraft 94.  
 Leber 77, 274. — Ihre Entwicklung  
 Vergl. Anatomie u. Physiologie 28.  
 theiligung an der Blutbildung 37.  
 Blutmenge 381, 382.  
 Leberprobe 291, 291.  
 Lecithin 60, 66, 67, 69.  
 Leberthran 162, 218.  
 Leberblut 377.  
 Legumin 55, 166.  
 Leguminosen 60. cf. Hülsenfrüchte.  
 Leibwäsche 556. cf. Kleider 28.  
 Leichenerscheinungen 151.  
 Leichenstarre 431, 637.  
 Leichenwachs 432.  
 Leim 64. — Als Nahrungsmittel 16  
 im Blute 388.  
 Leimgebende Substanz 64, 82.  
 Leimpepton 61, 65.  
 Leimzucker, cf. Glycin.  
 Leitung der Erregung im Nervengewebe  
 Muskel 663. — im Gehirn 663.  
 Leitungsgesetze der Nerven.  
 Leitungsvermögen, electrisches  
 webe 661. Akustisches der Knochen  
 811.  
 Leseproben 753, 768.  
 Leucin 74. — sein Nachweis 72.  
 Leukämie 388, 637.  
 Leuchtgas, Gefährlichkeit 387.  
 Licht 51, 88, 94. cf. Gesichtssinn.  
 Lichtchaos des dunklen Gesichts  
 731.  
 Lichtbrechung 731.  
 Lichtempfindliche Apparate 731.  
 Lichtempfindung 773.  
 Lichtstrahlen, ihr Gang im Auge  
 724.  
 Lieberkühn'sche Drüsen, cf. Drüsen.  
 Linse des Auges 724. — Brechung  
 der Linsen 731.  
 Linsen, cf. Hülsenfrüchte.  
 Linsenfaser 725.  
 Lippendrüsen 727.  
 Listing'sches Auge 739. — Gesicht  
 739.  
 Localzeichen 786.  
 Lösung 113.  
 Luft, ihre Bewegung im Luftröhren  
 425. — Zusammensetzung 425, 468. —  
 des Wassers daran 425. — Best.  
 Kohlensäure 489.  
 Luftdruck, sein Einfluss auf die

ine Befinden 477. — im Thorax  
— in den Gelenken 589.  
6. — Entwicklung 447. —  
ie 449. — Chemie 78. 450. —  
it 446. — Lungenasche 450.  
— Lufterneuerung in ihr 457.  
n 462. — Lungenprobe 454.  
ven 447.  
2. — Zusammensetzung 337.  
342. — Bewegung 339. 341.

n 334. — Entwicklung und  
ie 343.  
se 27. 333.  
sfisteln 339.  
n 342.  
13. 28. 130. 332. — ihre  
104.

## M.

49. 192. 205. 213. 218.  
etinae 719. 722. 738.  
Vergl. Anatomie und Physio-  
— Entwicklung 255.  
ng 253.  
ungen 317. 323.  
ita, ihre Untersuchung 260.  
r 31. 244.  
hung 254.  
beim Menschen 254.  
53.  
6. — seine Absonderung 246.  
ge 252. — seine Wirkung 248.  
r 248.  
nung 242. — Historisches 257.  
ngen 254. — Selbstverdauung  
7.  
io.  
romotor 684.  
477.  
sillen) 226. — ihre Entwicke-

der Nervenfasern 37. 661. 880.  
Bewegung 88.  
s Äquivalent der Wärme 91.

Fortsatz 45. cf. Entwicklung

2. 294.  
tle 40.  
r 38.

34.  
ut 365. 521.  
e 73.  
n 63.  
62.  
fte 174. cf. Kochgeschirre. —  
er 141.  
69. 461.  
80.

Milch 444. — ihre Bildung 447. — Hexen-  
milch 453. — Veränderung 449. 451. 452.  
— condensirte 451. — Zinkgehalt 451. —  
Verfälschung u. Analyse 451. — als Krank-  
heitsursache 449. 451. 452. — als Heilmittel  
472. 206.

Milchdrüse 444. — Ihre Entwicklung 453.  
Vergl. Physiologie und Anatomie 454.

Milchfieber 446.

Milchgase 447. 450.

Milchpumpe 447.

Milchsalze 447. 450.

Milchsäure 67. 128. cf. Fleischmilchsäure.  
— im Magensaft 248. 253.

Milchzucker 68. 453.

Millon's Reaktion auf Eiweissstoffe 61.

Milz 43. 78. 369. — Entwicklung u. vergl.  
Anatomie 373.

Milzblut 371.

Mineralgrün als Färbemittel 178.

Mitbewegung 873.

Mitempfindung 764. 873.

Mittönen 809.

Mittelplatte 42.

Mixtpickles 173.

Molekularkräfte 98. 413.

Molekularstruktur organisirter Gebilde  
140.

Molke 451. 453. 161. 206.

Monaden 7.

Morphium 719.

Motorische Punkte 686.

Mouches volantes 758.

Mucin 61. 62. 64. 82. 130. 312.

Mucinpepton 61. 64.

Mühlsteine als Krankheitsursache 172.

Multiplikator 655.

Mund 225. 306. — Seine Bildung 38. 44. —  
Entwicklung 239. 309. — Vergl. Anatomie  
309.

Mundhöhle, Verdauung in derselben 236.

— Historisches 237. — Ihre Schleimhaut  
und Drüsen 225. — ihr Epithel 130. 226.

Mundschleim 236.

Mücken, fliegende 758.

Murexid 73. cf. Harnsäurenachweis.

Muskel 33. 77. 614. — glatte Muskeln 33. 35.  
621. — quergestreifte 34. 614.

Muskelbewegung, ihr Einfluss auf den  
Stoffwechsel 192. 220. 432. cf. Funktions-  
wechsel und Blutvertheilung 382.

Muskelfasern 20. 34. — Entwicklung 20.  
34. — Vergl. Anatomie 35. — Wirkungs-  
weise 614. — Elasticität und Dehnbarkeit  
619. — Kontraktilität 620. — Fortpflanzung  
der Erregung im Muskel 624. 663.

Muskelermüdung 633.

Muskelerregbarkeit 639.

Muskelfarbstoff 627.

Muskelgase 629.

Muskelgefühl 704. 789.

Muskelkraft 621.

Muskelnerven, sensible 705.

Muskelplasma 626.

Muskelreize 639.



Muskelrespiration 629.  
 Muskelserum 626.  
 Muskelstrom, elektrischer 636. — Seine negative Schwankung 660. — Seine Bedeutung 679.  
 Muskelsubstanz, Einfluss der Wärme auf dieselbe 93. — Ihre Chemie, als Bedingung ihrer Lebenseigenschaften 625. — Chemie des ruhenden Muskels 629. — des thätigen 634. — des gespannten 633.  
 Muskelton 639, 624.  
 Musculus ciliaris 744, 726.  
 Mutterkorn, sein Nachweis 166.  
 Mutterzelle 41, 43.  
 Myographion 626.  
 Myolemma 34.  
 Myopie, cf. Kurzsichtigkeit.  
 Myosin 62, 626.  
 Myristinsäure 56.

## N.

Nabel 41.  
 Nabelblase 43.  
 Nabelstrang, sein Gewebe 48.  
 Nachbilder 775, 776.  
 Nachlösen 837.  
 Nahrungsbedürfniss 343.  
 Nahrungsmenge 206.  
 Nahrungsmittel 137.  
 Nahrungsstoffe 137. — der Pflanzen 51, 59. — der Thiere 55, 59.  
 Nase 843.  
 Nasensteine 542.  
 Natrium 50.  
 Natriumsalze 79, 116, 117, 120.  
 Nebenniere 375.  
 Negative Schwankung des Muskel- u. Nervenstroms 660.  
 Neigungsströme 638.  
 Nerven und Nervengewebe 35, 77, 644, 880.  
 — Entwicklung 37. — vergl. Anatomie 38.  
 — Allgemeine chemische Physiologie 643.  
 — Motorische 643. — Chemische Veränderung bei Ruhe, Arbeit und Absterben 647.  
 — Sensible Nerven, cf. Sinnesorgane. — Vasomotorische 412. — Spezifische Energie 629.  
 — Elektrisches Leistungsvermögen 664. — Fortpflanzung der Erregung 664, 674.  
 Nervenendigungen im Muskel 646. — in den Speicheldrüsen 228. — im Pankreas 269. — in der Leber 277. — in den Sinnesorganen, cf. diese.  
 Nervenendkolben 696.  
 Nervenermüdung 649.  
 Nervenerrregbarkeit 648, 674.  
 Nervenerrregung, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit 664, 674.  
 Nervenfasern 884.  
 Nervenleitung, Gesetz der isolirten 676. — Leitungsgesetze 689. — Leistungsvermögen, doppelt sinniges 690. — elektrisches 664.  
 Nervenreize 650, 674.

Nervenscheide, Schwannsche 648.  
 Nervenstarre 648.  
 Nervenstrom, elektrischer 636.  
 Nervenwurzeln 703.  
 Nervenzellen, cf. Ganglienzellen.  
 Netzhaut 749.  
 Netzhautbildchen 738, 739.  
 Netzhautelemente, ihr Dunkelwerden 724, 767.  
 Netzhautermüdung 775.  
 Netzhautreize 706. — Internale 706.  
 Neurin 66, 69.  
 Neuroglia 880.  
 Nicotin 175, 224, 749.  
 Nieren 496. — Nerven 504. — Epithel 502. — Vergl. Anatomie 503. — Secret, ders. 504. — ihre Ausscheidung 504.  
 Nierenblut 506.  
 Niesen 462.  
 Noëud vital 458, 468.  
 Normalfläche 796.

## O.

Obst als Nahrungsmittel 359.  
 Octave 814.  
 Oedem 342.  
 Oele 56.  
 Oelsäure 56, 67.  
 Oenanthylsäure 56.  
 Ohr, cf. Gehörssinn 801. — Embryonal- — Vergl. Anatomie 810. — Fortpflanzung — Aeusseres Ohr 812. — Gehörsgang 814. — Mittleres Ohr 812, 818. — Innenohr 814. — Trommelfell 815, 816. — Knochen 816. — Labyrinth 816. — Akustische Endapparate 816. — Cortisches Organ 825.  
 Ohrensausen 827.  
 Ohrenschmalz 549, 551, 812.  
 Ohrenschmalzdrüsen 551.  
 Oleinsäure 67.  
 Olivenöl 57.  
 Ophthalmometer 712, 718, 721.  
 Ophthalmoskop 769.  
 Ophthalmotrop 784.  
 Optik, physiologische 721.  
 Optometer 753, 756.  
 Ora serrata retinae 722.  
 Organe, ihre Entstehung 35.  
 Organische Säuren 55.  
 Organische Stoffe, ihre Zusammen- — ihre Entstehung 54, 57.  
 Orthoscop 717.  
 Ossification, cf. Knochenbildung.  
 Ovarium, cf. Eierstock.  
 Ovarialeyste 61, 67.  
 Oxalsäure 67, cf. Harnsteine 67.  
 Oxalursäure 70.  
 Oxydation als Lebensprinzip 3.  
 Thierzelle 54, 60, 75. — als Katalysator 96, 630.  
 Oxyhamoglobin 369.  
 Ozon im Blut 357.

**P.**

e Körperchen 696. 704.  
 aure 56.  
 und Pankreasverdauung 67. 78.  
 ermente. — ihre Zerstörung 273.  
 r Topf 164.  
 seine Verbrennungswärme 99.  
 ilin 63.  
 in 62. 252.  
 säure 67.  
 n 69.  
 on 61. cf. Pepton u. Syntonin.  
 onomie 667. 679.  
 aure 56.  
 t. 260. 627. — französisches 254.  
 ermente 289. — in den Muskeln  
 — im Harn 248. — Pepsinprobe 248.  
 t. 301. 627. cf. Magen- und Darm-  
 g 248. 249. 337.  
 in 37.  
 5.  
 sche Bewegungen 322. 508.  
 n mobile 93.  
 ve 793. — Luftperspective 792.  
 ion 474.  
 er'sche Probe 71. 295.  
 thmung 53. 59. 94.  
 ascin oder Legumin 55.  
 ibrin 55.  
 äse 466.  
 eim 55.  
 äfte 161.  
 elle 9. — Ihre Chemie 50. 33. —  
 ehrung 15.  
 ie Nahrungsmittel 164.  
 als Nahrungsmittel 169.  
 en 764.  
 763. 764.  
 49.  
 saure 50. 420. 512.  
 saure Salze 79. — als Nahrungs-  
 — cf. Knochen, ermüdende Stoffe.  
 estimmung im Harn 533.  
 saure Ammoniak - Bittererde  
 463. 539. — Bittererde 80.  
 saurer Kalk 80.  
 saures Eisen 80. — Kali 80. —  
 — Natron-Ammoniak 80.  
 wasserstoffgas 385.  
 aph 456.  
 76.  
 ntartung 334.  
 ellen des Frosches 105.  
 148.  
 e Nahrungsmittel 190.  
 kreislauf 441.  
 2.  
 aph 456.  
 ionsapparat 524.  
 äle 5.  
 inne 39.  
 elzelle 40.  
 aure 56.  
 508. — steine 542.

Protagon 60. 66.  
 Protisten 7.  
 Protoplasma 6. 7. 47. 80. — Contractilität,  
 403. — deren Bedingungen 106. — Saftströ-  
 mungen im Protoplasma von Thierzellen 405.  
 Protoplasmafortsätze. cf. Ganglienzellen.  
 Psychophysisches Gesetz 774. 787.  
 Ptyalin 66. 234. 252.  
 Puls 432. — Beobachtung 435.  
 Pulsfrequenz, ihre Beziehung zur Kreis-  
 laufszeit und zur Blutmenge 436. — zur  
 Herzkraft 400. — zur Temperatur des Kör-  
 pers 568.  
 Pulsmessung 433.  
 Pulsweite 423. 433.  
 Pupille 716. 744. 745. — Ihre Weite 718. cf.  
 Iris.  
 Pupillarebene 718. 746.  
 Pyrocyanin 75.  
 Pyoxanthin 75.  
 Pyrheliometrische Messungen 95.

**Q.**

Quarte 811.  
 Quecksilber im Speichel 240. — in den Or-  
 ganen 294.  
 Quellung, cf. Imbibition.  
 Quergestreifte Muskeln, cf. Muskel.  
 Quinte 811.

**R.**

Rachitis 6.  
 Rectum 324. — Bildung des Afters. 33.  
 Reflexe 856.  
 Reflexerschaffung 864.  
 Reflexhemmung 864.  
 Reflexlähmung 864.  
 Reis 222.  
 Resonatoren 809.  
 Resorption, cf. Endosmose. — der Nah-  
 rungstoffe im Blut 325. — des Fettes im  
 Darm 330. — Betheiligung der Blutcapilla-  
 ren 334. — des Dickdarms 332.  
 Respiration, cf. Athmung. — künstliche 460.  
 Respirationsapparate 493.  
 Respiratorische Nahrungsmittel 190.  
 Rete Malpighii, cf. Haut.  
 Retina, cf. Netzhaut.  
 Rheoscop, physiologisches 656.  
 Rhodankalium 235.  
 Richtungslinie 740.  
 Richtungsstrahl 740.  
 Riechen, cf. Geruchssinn.  
 Riechzellen 844.  
 Rippen, Betheiligung an der Athmung 451.  
 Rohrzucker 55.  
 Rotationsapparat, magneto-elektrischer  
 683.  
 Rothblindheit 772.  
 Rücken, Bildung desselben 44.  
 Rückenfurche 40.  
 Rückenmark 855. — Sein Bau 880.  
 Rückenmarksnerven 897.  
 Rückenwülste 40.  
 Runkelrübe als Nahrungsmittel 169.



## S.

- Saftkanälchen 19. cf. Hornhaut.  
 Säftekreislauf, intermediärer 191. 236. 340. 347.  
 Sagostärke 168.  
 Salpetersäure im Trinkwasser 140. 304.  
 Salpetersaueres Ammoniak 80.  
 Salpetrigsaueres Ammoniak 80.  
 Salzsäure 461. — im Speichel 240. — im Magensaft 247. 250. 257.  
 Same und Samenfäden 16 105. 914. — im Harn 538.  
 Samendrüse 912.  
 Sanson'sche Bilchen 745.  
 Santoninvergiftung 772.  
 Sarcine 261.  
 Sarkin 74.  
 Sarkolemma 34. cf. Muskel.  
 Sarkosin 70.  
 Sättigung 344.  
 Sauerampfer 171.  
 Sauerstoff 49. 80. cf. Chemie der Pflanzen und Thierzelle, Athmung etc. — als Bedingung der Kontraktilität u. Erregbarkeit 107.  
 Sauerstoffabscheidung d. Pflanzen 59.  
 Sauerstoffaufnahme der Menschen 58. cf. Athmung 192. 465. — im Winterschlaf 473.  
 Sauerstoffmangel im Blut 384. — Einfluss auf das Herz 404. — Athmung 459.  
 Säurebildung in den Geweben 81. cf. Ermüdung.  
 Saxton'sche Maschine, cf. Rotationsapparat.  
 Schallempfindung 804. 832.  
 Schalleitung, cf. Gehörorgan.  
 Schallwahrnehmungen 835.  
 Schallwellen 807.  
 Schatten, farbige 777.  
 Scheiner'scher Versuch 743. 753.  
 Schielen 799.  
 Schilddrüse 374. 879. — ihre Entwicklung und vergl. Anatomie 374.  
 Schlaf 879.  
 Schlag Schatten 791.  
 Schleim, cf. Mucin.  
 Schleimdrüsen 227. — ihre Entwicklung 239.  
 Schleimpepton, cf. Mucinpepton.  
 Schleimschichte 29.  
 Schleimstoff 64.  
 Schleimzellen 234. — ihre Kontraktilität 104.  
 Schlemm'scher Kanal 742. 748.  
 Schlingbewegungen, cf. Schluckact.  
 Schlittenmagnetelektromotor 681.  
 Schluckact 314. 316.  
 Schlüssel zum Tetanisiren 682.  
 Schmecken, cf. Geschmackssinn.  
 Schmerzempfindung 695. 697. 857.  
 Schnarchen 462.  
 Schnupftabak 172.  
 Schwärmsporen 7. 10.  
 Schwebungen 810.  
 Schwefel 49.  
 Schwefelsäure 50. — im Speichel von Dolium Galea 240. — ihre Bestim-  
 Harn 511. 533.  
 Schwefelsauere Alkalien 80.  
 Schwefelsauerer Kalk 80.  
 Schwefelwasserstoff im Harn  
 im Blut 385. — in den Darmgasen  
 Schweflige Säure 461.  
 Schweinegalle 71. 289.  
 Schweineschmalz 67.  
 Schweiss 550. — In Krankheiten:  
 Schweissabsonderung 211. 35  
 Schweissdrüsen 31. 548.  
 Schweissfarbstoffe 75. 173. 55  
 Schwimmblase 449.  
 Schwindel 789. 835.  
 Sclerotica 709.  
 Scyllit 68.  
 Seele 347. 694.  
 Sehen, cf. Gesichtssinn  
 Sehschärfe 768.  
 Schweite 748.  
 Sehnen 617. — als Hülfsorgane d.  
 bewegung 342.  
 Seifen 67. 272.  
 Seitenplatten 40.  
 Selbststeuerung des Herzens  
 Athmung 459.  
 Selbstverdauung des Magen-  
 Sensibilität, rucklaulige 705.  
 Silicium 50.  
 Sinnesorgane 688.  
 Sinneswahrnehmungen 688  
 Sitzen, Mechanik desselben 601  
 Skelet und seine Bewegungen 5  
 Solanin 167.  
 Sopran 608.  
 Smegma præputii 552.  
 Sonnenlicht 51. 53. 91  
 Sonnenwärme 95.  
 Soorpilz 241.  
 Spannkraft 88.  
 Speck als Nahrungsmittel 215  
 Spectroscop und Spectralanalyse  
 Speichel 234. 246. 317. — Son-  
 ten Veränderungen 240. — See-  
 Speicheldrüsen 227. — ihre E-  
 239. — Vergl. Anatomie u. Phy-  
 — ihre Absonderung 229. 232  
 Speichelkörperchen 231. —  
 traktilität 104.  
 Speichelsteine 241. 342.  
 Speisen 137.  
 Speiseröhre 242. — ihre A-  
 242.  
 Spermatozoen 16. — der Pp.  
 Sphygmograph 434.  
 Spirometer 456.  
 Sprache 603.  
 Sprossenbildung 13.  
 Sputum 462.  
 Stammeln 611.  
 Stärkemehl 55. — als Nahrung-  
 168. 202. — als Verdauungsm-  
 Stearin, cf. Fette.  
 Stearinsäure 56.

anik desselben 597.  
375.  
such 638.  
795.  
sches Sehen 793. — Glanz 802.  
es 385. 464.  
9. 80. cf. Blutgase, Harn-  
gase  
ficit 494. 466.  
ie und stickstoffhaltige Nah-  
188.

er 603.  
r 603. — Entwicklung 644. —  
mie 642. — Untersuchung 642.  
nkampf 464.  
l 53. 82. 142. 379. — Seine  
00. — Physiologie desselben 435.  
fluss darauf 83. — Bei Arbeit  
krankheiten 637. — in den ver-  
ehensaltern 220. cf. Funktions-  
31.  
ymphgefäße 334. — der Blut-  
409.  
75. 865.  
J. 304. 475.  
seln, cf. Gelenke.  
. 252. 626.

## T.

f. Schnupftabak und Nicotin.  
345.  
chen 696. — Nervenendkolben  
i.  
l.  
aure 71.  
des Körpers 561. — der Lun-  
— des Blutes im Herzen 476.  
de Steigerung 569.  
beobachtungen 93. 573.  
empfindungen 695. 704.  
ler Organe, ihr Einfluss auf die  
ng 380. 384. cf. Funktions-  
i. 214.  
r 475. — im Fleischextrakt 464.  
er 93. 575.  
er 356.  
i.  
sen 803.  
— ihre Entwicklung 375.  
105. 107. 413. 430.  
e des Muskels. 434. 637. —  
cf. Nervenstarre. — der Drüsen  
ungen 804. 832.  
f. Mandeln.  
12. 866.

Tracheen 450.  
Transfusion 383. 464.  
Traubenzucker 55. 57. 63. 66. 68.  
Trichine 464.  
Trigeminus, Einfluss auf die Schi-  
eldrüsen 232.  
Trinkwasser 437. — Reinigung und Ver-  
unreinigung desselben 439. — Untersuchung  
444. — Einfluss auf Erkrankung 487.  
Trommelfell 815. 820.  
Tuba Eustachii 844.  
Tüpfelkanäle 6. 82.  
Turnen 640.  
Tyrosin 72. — sein Nachweis 72. 73. — im  
Pankreas 270. — im Sputum 463.

## U.

Unwillkürliche Muskeln, cf. glatte Mus-  
keln.  
Umbilicalgefäße 46.  
Urachus 47.  
Urämie 534.  
Urbläschen 41.  
Ureteren 508.  
Urnieren 502.  
Urohaematin 75.  
Urokyanin 75.  
Urrhodin 75.  
Urwirbel 41.  
Urwirbelplatten 39.  
Uterus 434.  
Uvula 309.

## V.

Valeriansäure 56.  
Vasomotorische Nerven 413.  
Vegetabilische Nahrungsmittel 464. —  
In hygieinischer Beziehung 470.  
Venenpuls 399.  
Ventilation 480.  
Ventilationscoefficient der Lungen 457.  
469.  
Verbrennungsarbeit 97. 100.  
Verbrennungswärme verschied. Stoffe  
96. 97. 98.  
Verdaulichkeit der Nahrung 253  
Verdauung 223.  
Verdauungsorgane 224.  
Vernix caseosa 552.  
Vesicatorblase 42.  
Vibrionen 75.  
Violetblindheit 723. 772.  
Visiren und Visirlinien 743.  
Vitalcapacität der Lunge 455. 477.  
Vitellin 49. 60. 64.  
Vocale 606. 608.  
Volksernährung 312.  
Vorrathseiweiss 192.

## W.

Wanderzellen 406. cf. Hornhaut, Choroidea.  
Wärme 88. — thierische 101. 102. 559. —  
In verschiedenen Organen 564. — Mecha-  
nisches Aequivalent 91. — Wärme durch



Stoffzersetzung geliefert 401. — durch mechanische Vorgänge 402. — durch Diffusion und Imbibition 403.  
 Wärmeeinheit 91. 93.  
 Wärmeleitungsvermögen organischer Stoffe 579.  
 Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch 241. 464. 570.  
 Wärmeregulierung des Organismus 241. 464. 564.  
 Wärmetheorie, mechanische 90.  
 Wachsthum 442.  
 Wanderzellen 405. 709.  
 Wasser als Bestandtheile der Gewebe 50. 440. 443. 499. 249. 545. — sein Gasgehalt 425. 438. — Als Nahrungsmittel 437. 205. — als Gift 448. 439. 441. 442. — Grundwasser 448.  
 Wasseraufgabe während der Ruhe u. Arbeit 642. cf. Athmung.  
 Wassergefäßssystem 409. 450.  
 Wasserfilter 440.  
 Wasserleitungen 441.  
 Wasserreservoirs 441. 442.  
 Wasserstoff 49. 80. cf. Darmgase 301. 384. 474. und Athmung.  
 Wasserverbrauch in Haushaltungen 442.  
 Wechselwirkung der Kräfte im Organismus 426.  
 Wein 461. 472. 476.  
 Weingeist 476.  
 Weinsäure 56.  
 Weitsichtigkeit 744. 746.  
 Welt im Glase 93.  
 Willkürliche Muskeln, cf. Muskeln quergestreifte  
 Winterschlaf 473. 560. 636.  
 Wohnraum, cf. Ventilation.  
 Wundheilung 446. cf. Eiter und Diapedesis.  
 Würste, leuchtende 463.  
 Wurstgift 463.

## X.

Xanthin 74.  
 Xanthoproteinreaction 61.

## Z.

Zähne 310. — Entwicklung 312. — Anatomie 313.  
 Zahnstein 241.  
 Zahnwechsel 313.  
 Zelle 2. — Schema ders. 2. — Entstehung 44. — Umbildung 16. — Chemie 45. — Zellenzelle 9. — Primordialzelle 10. — Zelle 58. 76. — Ihr Tod 130. — Mutter 44. 43. — nackte Zellen 8.  
 Zellenfütterung 406.  
 Zellenterritorium 19.  
 Zellentheilung 43.  
 Zellinhalt 6. 47.  
 Zellkapsel 8. 82.  
 Zellkern 6. 7. 44. 71.  
 Zellkernkörperchen 6.  
 Zellmembran 5. 6. 40. 42. 82.  
 Zellrespiration 83.  
 Zellsaft 40. 84.  
 Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut 744.  
 Zeugung 46. 925. — ungeschlechtlich 925.  
 Zeugungsdrüsen 944.  
 Zink im Trinkwasser 444. cf. Kocher  
 Milch 454.  
 Zona pellucida 9. 24.  
 Zonula Zinnii 726. 747.  
 Zucker 68. — Als Nahrungsmittel  
 — im Harn 541. 525. 870. cf. Muskeln  
 Leber, thierische Electricität 429.  
 Zuckerharnruhr 525. 526. 637.  
 Zuckung, paradoxe 676. — aus 676.  
 Zuckungsgesetz 677.  
 Zunge 306.  
 Zungenbeleg 241.  
 Zungenrüben 227.  
 Zungenwerke, akustische 604. 605.  
 Zwerchfell, seine Entwicklung  
 seine Funktion 451.  
 Zwischenzellenmasse 48. 49.

## Druckfehler.

Seite 45	Zeile 49	von oben	statt	Oberkiefersatz	zu lesen	Oberkieferfortsatz
- 183	- 47	- unten	-	eine	-	einer.
- 484	- 26	-	-	von	-	vor.
- 382	- 44	-	-	Transfussion	-	Transfusion
- 580	- 5	-	-	Beleuchtung	-	Beleuchtung
- 632	- 17	-	-	Muskelelasticität	-	Muskelelektron
- 749	- 48	- oben	-	Kalabor	-	Kalabar











